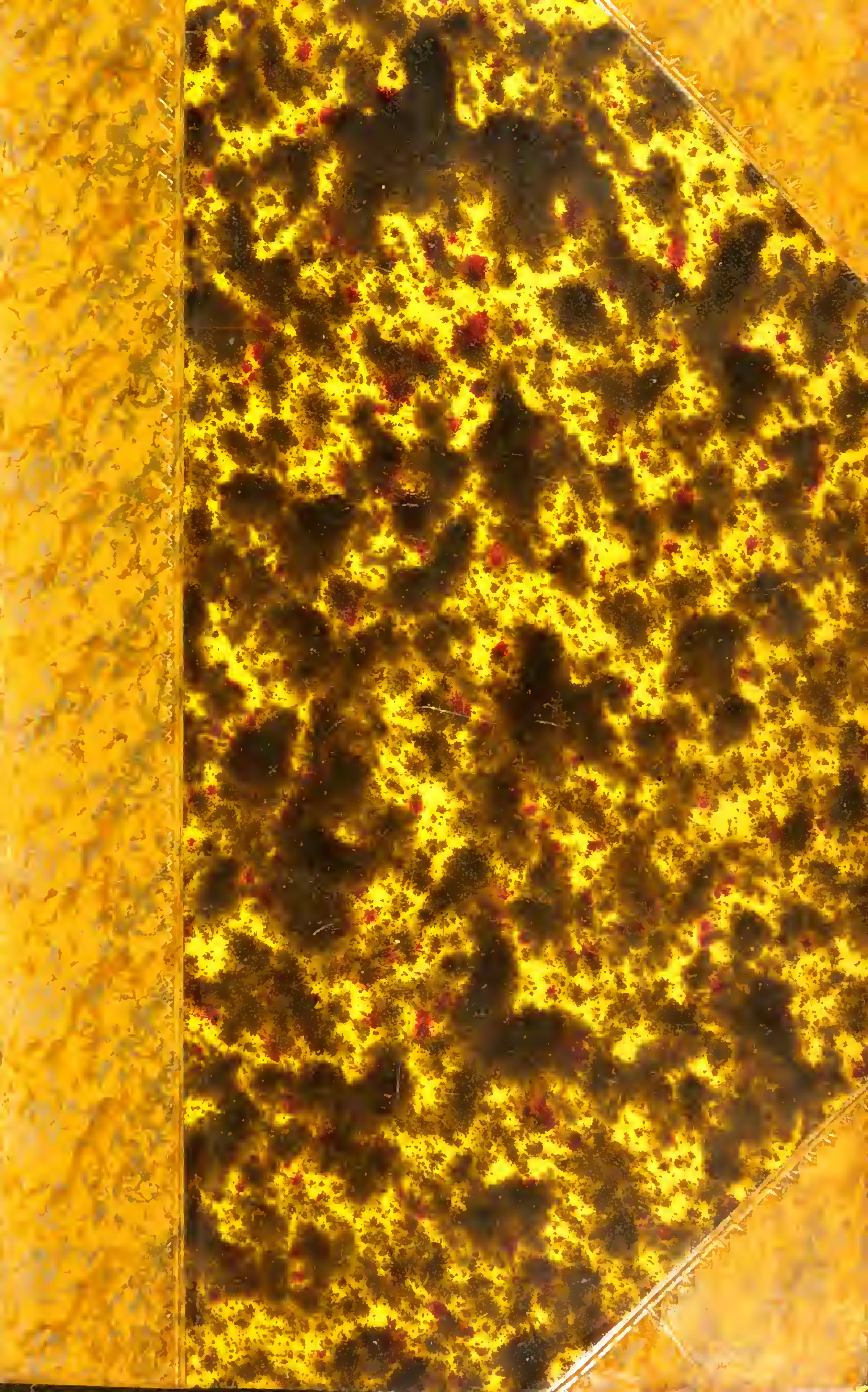


TRAITÉ
D'ANALYSE DES EAUX POTABLES

BRUXELLES. — IMPRIMERIE A. LEFÈVRE
9, RUE ST-PIERRE.

TRAITÉ D'ANALYSE

CHIMIQUE

MICROGRAPHIQUE ET MICROBIOLOGIQUE

DES

EAUX POTABLES

PAR

A.-J. ZUNE

Rédacteur en chef du « Moniteur du Praticien »



Avec 114 figures dans le texte

ET 2 PLANCHES COLORIÉES HORS TEXTE

PARIS
OCTAVE DOIN, ÉDITEUR
8, place de l'Odéon, 8

BRUXELLES
BUREAUX du *Moniteur du Praticien*
126, boulevard du Nord, 126

1894

PUBLICATIONS DE L'AUTEUR

Traité général de microscopie, de microchimie et de microspectroscopie appliquées à la médecine, à la pharmacie, à la chimie, à l'hygiène et à l'industrie. — I : *Introduction*. Paris, 1889. In-8° de 136 pages avec 41 figures dans le texte. Prix . . . . **3 francs.**

Analyse chimique des eaux potables et détermination rapide de leur valeur hygiénique Paris 1889, in-8° de 144 pages avec 14 figures intercalées dans le texte *(Ouvrage épuisé)*. Prix . . . . **4 francs.**

Traité général d'analyse des beurres : Préparation caractères, composition, altérations et falsifications. Méthode générale d'analyse. discussion et appréciation des résultats. Paris 1892-1893, 2 beaux volumes grand in-8°, de plus de 800 pages, à texte compact, contenant la matière de 1,150 à 1,200 *pages* in-8° ordinaire ; 270 figures originales et 85 tableaux sont intercalés dans le texte et 14 planches ajoutées hors texte. Prix . . . . **25 francs.**

Mémoire sur la filariose. — Histoire clinique et thérapeutique ; histoire naturelle et médicale : anatomie, physiologie, pharmacognosie, etc., de la filaire du sang. Paris 1892, grand in-8° de 40 pages avec 8 figures et 2 planches dans le texte, plus 4 planches hors texte. Prix . . . . **3 francs.**

Urines chyleuses et hémato-chyleuses : Définition, caractères physiques, recherche et dosage des graisses, des albuminoïdes, du sang etc. ; analyse microscopique ; diagnostic et pronostic urologiques ; mécanisme pathogénique. Paris 1893, grand in-8° de 82 pages avec 8 figures et 2 tableaux dans le texte et 4 planches noires hors texte. Prix . . . . **3 francs.**

Le Moniteur du Praticien, journal mensuel de physique et de chimie appliquées à la médecine, à la pharmacie, à l'hygiène et à l'industrie. L'abonnement annuel est de 10 francs pour la Belgique et de 12 francs pour tous les pays de l'Union postale ; il comprend 12 fascicules in-8° de 32 pages chacun, avec figures et planches originales dans et hors texte. La 8me année portera le millésime de 1895. La collection des années antérieures étant complètement épuisée et la publication de la 7me année subissant des retards considérables, il ne sera plus accepté d'abonnements avant 1895.

EN VOIE DE PRÉPARATION, POUR PARAITRE EN 1894.

Essai d'urologie séméiologique, ou application au diagnostic et au pronostic des données de l'analyse des urines pathologiques.

Traité général de microscopie, de microchimie et de microspectroscopie appliquées à la médecine, à la pharmacie, à l'hygiène et à l'industrie. — II : Analyse des farines, féculés, pâtes alimentaires, etc.

PRÉFACE

Nous avons été sollicité de toutes parts et depuis environ deux ans que notre opuscule de 1889 sur l'analyse chimique des eaux potables est épuisé, de publier un nouveau travail sur le même sujet.

Diverses circonstances nous ont forcé à remettre de jour en jour l'élaboration d'une œuvre plus complète, c'est-à-dire comprenant non seulement l'analyse chimique mais encore l'analyse microscopique, beaucoup trop délaissée malgré sa haute importance et, enfin, l'analyse microbiologique, que d'autres ont traitée depuis.

A vrai dire, nous ne le regrettons nullement : le lecteur y a gagné d'abord d'excellents petits manuels de microbiologie, tels que ceux de Miquel et de Roux, qui peut-être n'auraient pas vu le jour et, ensuite, d'être mis en possession d'un ouvrage — celui que nous lui présentons actuellement — absolument nouveau, même en ce qui concerne l'analyse chimique, beaucoup plus riche en documents de toute nature et surtout en figures — noires et coloriées — enfin beaucoup moins imparfait sous tous les rapports, que celui que nous eussions pu lui offrir alors.

C'est ainsi notamment qu'il nous a été possible, en tenant compte des nombreux travaux d'ordre microbiologique publiés au cours de ces dernières années et en nous basant sur l'expérience que tout travailleur — titre que nous revendiquons hautement — acquiert journellement avec l'âge, de simplifier à tel point les procédés et l'outillage bactériologiques, que le chimiste ou le pharmacien le plus modestement installés pourront, après quelques essais préliminaires,

se livrer sans aucune difficulté et au moyen d'une dépense insignifiante : 100 à 150 francs au maximum, au dosage des colonies, à la recherche des bacilles du choléra asiatique et de la fièvre typhoïde, enfin à presque toutes les expériences, cultures, etc., microbiologiques qui semblaient ne pouvoir être menées à bonne fin qu'au moyen d'un outillage exceptionnel, excessivement coûteux et très compliqué.

C'est ainsi encore que tout en conservant le principe, théoriquement et pratiquement excellent, de notre méthode d'analyse chimique, nous avons pu y apporter de si nombreuses améliorations techniques, la compléter par tant de documents et de renseignements nouveaux et faire disparaître les longueurs inutiles ainsi que les erreurs qui s'y étaient glissées tout d'abord, qu'elle est devenue elle-même pour ainsi dire absolument originale.

C'est ainsi enfin que les quelques lignes *que nous avions consacrées dans notre opuscule de 1889 à la partie hygiénique, sont devenues* quelques chapitres *formant une partie très importante de notre travail actuel et comprenant l'étude des caractères et de la composition des eaux potables au point de vue physiologique, celle du rôle étiologique des dites eaux, leurs causes et leurs modes de contamination et de purification, la discussion, l'interprétation ou l'appréciation des résultats de l'analyse.*

Mais c'est surtout à l'analyse micrographique que nous avons apporté les plus grands soins et ce en raison même de l'oubli immérité dans lequel elle était, non pas tombée, mais maintenue. Non pas que son importance fût méconnue par les analystes ni les hygiénistes, la plupart sinon même tous la déclarant indispensable et d'une grande valeur, mais elle paraissait ou si simple ou si difficile, nous ne savons trop laquelle de ces deux manières de voir il faut adopter, que personne ne s'en occupait et qu'il n'y a été consacré jusqu'ici, à notre connaissance du moins, que quelques notices ou articles très intéressants, il est vrai, mais plus succincts encore qu'intéressants.

C'est pourquoi nous n'avons reculé devant aucun sacrifice possible pour combler une lacune trop regrettable, accumulant, sans compter, les dessins tant noirs que coloriés, de telle sorte que cette partie de notre ouvrage comprend, à elle seule, près de 300 figures noires intercalées dans le texte et 96 figures coloriées hors texte.

Ajoutons enfin que nous avons jugé méthodiquement utile et même indispensable de scinder notre Traité d'analyse des eaux potables *en* quatre parties, *divisées elles-mêmes en un certain nombre de* chapitres *et de* paragraphes, *et respectivement consacrées à l'analyse chimique, à l'analyse micrographique, à l'analyse microbiologique et, enfin, à la physiologie et à l'hygiène. Un coup-d'œil jeté sur la table analytique des matières insérée pages* 8 *à* 12 *ci-après, suffira pour se rendre compte du nombre et de l'importance des sujets traités.*

Laissons maintenant à la critique le soin d'apprécier jusqu'à quel point nous avons réussi à atteindre le but que nous nous étions proposé :

Mettre le lecteur à même de se prononcer aisément, rapidement et sûrement sur la valeur hygiénique d'une eau donnée.

Et terminons cette préface en nous acquittant d'un devoir toujours agréable à remplir : témoigner notre reconnaissance à toutes les personnes dont l'obligeance nous a permis de mener notre travail à bonne fin.

Février 1894.

A. J. ZUNE

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

Publications de l'auteur.
Préface . . . . Pages 5 à 7
Introduction. . . . . , ... — 13 à 28

PREMIÈRE PARTIE

Analyse chimique.

CHAPITRE PREMIER.—Appareils et réactifs (34 figures dans le texte).

§ I[er]. — Appareils . . . . , P. 29 à 65

A. — *Ordinaires.*

Balances, étuves, bains de sable et d'eau, brûleurs, chalumeau, burettes de Mohr, éprouvettes, pipettes, ballons, flacons, thermomètre, baromètre, objets et appareils divers : en verre, porcelaine, métal, bois, caoutchouc, liège, etc.

B. — *Spéciaux.*

Etuve à évaporations dans le vide, machine pneumatique, colorimètre, spectroscope.

§ II. — Réactifs.

A. — *Simples.*

Liquides et solides à acheter ou à préparer.

B. — *Composés.*

Nombre, espèces, mode de préparation, de conservation et d'emploi des réactifs nécessaires à la recherche et au dosage de l'azote sous ses diverses formes : nitreux, nitrique, ammoniacal, albuminoïde; des acides carbonique, phosphorique et sulfurique; du chlore, des matières organiques, de la chaux, des carbonates, de l'oxygène, etc.

CHAPITRE II. — Opérations préliminaires . . P. 66 à 74

§ I . — Prélèvement, transport, volume, etc., des échantillons.

§. II. — Synopsis des manipulations à exécuter et de la marche à suivre pour l'analyse méthodique des eaux douces.

A. — Essai rapide.

Volume d'eau nécessaire. — Durée de l'essai. — Appareils et réactifs indispensables. — Déterminations, recherches et dosages à exécuter ; ordre à suivre.

B. — Analyse approximative. Mêmes renseignements qu'en A.

CHAPITRE III. — Caractères organoleptiques et physiques (1 figure). P. 75 à 77

§§ I à VI. — Appréciation de la nature et de la quantité des matières en suspension, de la couleur, de l'odeur, de la saveur, de l'imputrescibilité et de la réaction de l'eau,

CHAPITRE IV. — Recherche, essai rapide, dosage approximatif et exact des éléments anormaux. (13 figures et 3 tableaux.) Pages 78 à 111

§§ I à XII. — Acide nitreux. — Acide nitrique. — Ammoniaque. — Azote albuminoïde. — Hydrogène sulfuré. — Carbures d'hydrogène et gaz d'éclairage. — Matières fécales et urine. — Oxydes métalliques. — Sulfocyanures alcalins. — Matières organiques. — Acide silicique. — Acides crénique et apocrénique. — Matières en suspension.

CHAPITRE V. — Recherche, essai rapide, dosage approximatif et exact des éléments normaux (3 figures et 1 tableau). P. 112 à 145

§§ I à XIX. — Résidu sec. — Résidu fixe. — Acide carbonique. — Carbonate de chaux. — Carbonates alcalino-terreux. — Acide sulfurique. — Sulfate de chaux. — Sulfate de magnésie. — Sulfates alcalins fixes. — Acide phosphorique. — Chlore — Chlorure de magnésie. — Chlorures de chaux, de potasse, de soude. — Oxyde de calcium. — Oxyde de magnésium. — Oxyde de potassium et de sodium. — Azote et oxygène. — Oxygène. — Degré hydrotimétrique.

DEUXIÈME PARTIE

Analyse micrographique.

CHAPITRE PREMIER. — Technique (2 figures dans le texte). P. 147 à 154

§§ I à IV. — Appareils. — Réactifs. — Opérations préliminaires. — Préparations microscopiques.

CHAPITRE II. — Classifications et descriptions (285 figures noires et 96 figures coloriées). P. 155 à 204

§§ I à XII. — Méthode de classement des éléments en suspension. — Substances minérales et débris organiques d'origine végétale ou animale. Zoophytes amœbiformes : monères et amibes — Sphœriacés isolés et sociaux. — Rayonnés — Flagellés : mono, di-et pluriflagellés ; cilio-flagellés. — Ciliés : embryons et larves vermiculaires, holotriches, hétérotriches.— Cilio-cirreux : hémiciliés, vorticellidœ libres et fixés, isolés ou sociaux, cirro-sphœriacés — Thallomorphiacées. — Cœlentérés. — Vers.—Arthropodes. — Lophopodes.

TROISIÈME PARTIE

Analyse microbiologique.

Chapitre premier. — Technique (9 figures). P. 205 à 225

§§ I à VI. — Appareils. — Réactifs et produits divers. — Stérilisation des verreries, bouchons, tubes, ouate, etc. — Milieux de culture : nombre, espèce, préparation, conservation, etc. — Prélèvement des échantillons — Transport et conservation.

Chapitre II. — Analyse quantitative (6 figures). P. 226 à 233

§§ I à VII — Essai préliminaire. — Dilution des eaux. — Préparation des plaques. — Durée des cultures — Dosage des colonies. — Etude des colonies : examen macro- et microscopique, ensemencements divers, réaction de l'indol. — Coloration des cils.

Chapitre III. — Recherche et diagnose des bacilles du typhus et du choléra (15 figures). P. 234 à 246

§ I. — *Bacille typhique :*

Recherche, formes, dimensions, aspect, mobilité, coloration, vitalité et développement, spores et cils, caractères des cultures sur plaques et en tubes de gélatine, sur agar, pomme de terre, gélose lactosée, dans le lait et le bouillon, réaction de l'indol.

§ II. — *Bacille du choléra :* idem.

Chapitre IV. — Description succincte des principaux microbes des eaux douces (46 figures et 1 tableau). P. 247 à 259

§ I. — *Généralités :*

Nombre, formes, dimensions, cils, coloration et liquéfaction de la gélatine, fermentation des sucres et coagulation du lait.

§ II. — *Caractères spéciaux :*

Des coccus, bacilles et spirilles.

QUATRIÈME PARTIE

Hygiène.

Chapitre premier. — Caractères physiques ou organoleptiques et composition chimique des eaux potables au point de vue physiologique. P. 261 à 272

§§ I à IV. — Généralités. — Caractères physiques et organoleptiques. — Eléments normaux. — Eléments anormaux.

Chapitre II. — Origine, nature et contaminations des eaux potables. P. 273 à 283

Chapitre III. — Dangers que présentent les eaux contaminées. P. 284 à 299

Chapitre IV. — Divers modes de purification. P. 300 à 310

§§ I et II. — Naturels. — Artificiels.

Chapitre V. — Discussion et interprétation des résultats. P. 311 à 356

§§ I à V. — Caractères physiques. — Eléments normaux. — Eléments anormaux dissous. — Eléments en suspension. — Classification des eaux potables au point de vue hygiénique.

Bibliographie. P. 357 à 360

Table des figures. P. 361 à 370

Noms d'auteurs. P. 371 à 372

Table alphabétique des matières. P. 373 à 380

TRAITÉ D'ANALYSE

DES

EAUX POTABLES

INTRODUCTION

Vie et eau sont deux termes corrélatifs

L'eau est le principe essentiel de tous les éléments, de tous les tissus et de tous les organes des végétaux et des animaux;

Le milieu au sein duquel naissent, vivent et meurent une multitude d'êtres de toute nature, de toute forme et de toutes dimensions;

Le réceptacle de la plus grande partie des détritus et des résidus de la vie en général et de l'activité humaine en particulier.

Par sa composition chimique, ses caractères physiques et ses propriétés biologiques, l'eau exerce une action considérable sur la santé et sur le bien-être des populations au sein desquelles elle distribue, frappante antithèse, la fortune et la vie, la misère et la mort.

D'où l'impérieuse nécessité d'une connaissance approfondie de ces propriétés, de ces caractères et de cette composition, con-

naissance que l'on ne peut acquérir qu'en procédant à l'analyse chimique, micrographique, microbiologique et physiologique des diverses eaux employées à la boisson, aux usages culinaires et aux soins de propreté.

Il importe en outre que ces multiples déterminations puissent être exécutées partout et par tous, fréquemment et rapidement, surtout en temps d'épidémies, à la suite de brusques variations de température, de longues pluies, gelées, sécheresses, etc., des variations prononcées dans la composition et les propriétés physiologiques de l'eau étant fréquemment sinon même constamment la conséquence immédiate et plus ou moins prolongée des perturbations atmosphériques dont il s'agit.

Mais il ne suffit pas, quelque intéressant que cela puisse être, d'accumuler des chiffres et des documents ; il faut encore et surtout en faire connaître la valeur hygiénique.

Il est donc indispensable d'établir les bases d'une saine et judicieuse interprétation des faits signalés et des phénomènes observés, de telle sorte que l'analyste puisse se prononcer sans grandes difficultés sur les résultats des recherches et des dosages qu'il a effectués.

C'est à la solution aussi complète que possible des divers points que nous venons d'indiquer, que le présent ouvrage a été consacré.

Pour mieux atteindre notre but ou tout au moins pour le réaliser méthodiquement, nous avons divisé notre travail en *quatre* parties, savoir : l'*analyse chimique,* l'*analyse micrographique*, l'*analyse microbiologique* et enfin la *physiologie* et l'*hygiène.*

De l'**analyse chimique** nous avons peu de choses à dire, notre méthode étant connue; cependant nous lui avons fait subir, depuis 1889, date de la publication de notre première édition, diverses modifications techniques assez importantes et l'avons en outre enrichie d'additions assez sérieuses, pour qu'il nous soit permis de lui consacrer quelques lignes.

Ainsi, tout ce qui a trait aux manipulations à exécuter pour la recherche et le dosage d'un élément déterminé, soit à l'état isolé soit sous forme de combinaison, a été réuni dans un seul paragraphe au lieu d'être disséminé comme auparavant. On y trou-

vera donc les divers procédés relatifs à la *recherche*, à l'*essai rapide* au point de vue hygiénique, au *dosage approximatif* d'après notre méthode des *maxima,* et au *dosage exact* et *direct* de l'élément (acide libre sulfurique par exemple) et combiné aux diverses bases (sulfates de chaux, de magnésie, de potasse, de soude, d'alumine).

Le procédé d'*essai rapide* que nous venons de mentionner, est nouveau, en tant du moins qu'il s'applique actuellement à la détermination de la valeur hygiénique d'une eau potable ; il est basé sur quelques réactions spéciales décrites avec le plus grand soin, faciles à obtenir et à observer sans appareils spéciaux ni manipulations exceptionnelles, de telle sorte qu'il est possible en *moins de deux heures* et avec un volume d'eau peu important — un litre environ — d'obtenir tous les renseignements nécessaires pour émettre, au point de vue chimique, un avis raisonné sur la potabilité d'une eau donnée. Ce n'est plus que dans des circonstances relativement exceptionnelles que l'on devra procéder, au moyen de liqueurs titrées, à l'analyse quantitative *approximative.* Quant à l'analyse scientifique, c'est-à-dire complète et exacte d'une eau donnée, elle ne doit être entreprise que sur demande, car elle exige une installation, des appareils, des réactifs et surtout un temps dont peu de chimistes peuvent disposer.

Afin de rendre les recherches et les opérations aussi faciles et aussi rapides que possible, nous énumérons très succinctement, à la fin du chapitre II (§ II) sous la rubrique *Synopsis des opérations à exécuter et marche à suivre pour l'analyse chimique des eaux potables*, celles que l'on devra exécuter et l'ordre dans lequel elles devront l'être, pour : A l'*essai rapide*, B l'*analyse approximative*, ainsi que les appareils et les réactifs nécessaires pour les conduire à bonne fin.

L'indication du nombre et de l'espèce des appareils, la description des principaux, leur mode d'emploi, font l'objet d'un paragraphe spécial placé en tête du chapitre premier ; de même tout ce qui a trait à la préparation, à l'emploi et à la conservation des réactifs est réuni sous un second paragraphe placé à la suite du premier. Cette disposition, nouvelle pour notre ouvrage, permettra à chacun de se rendre aisément compte des dépenses à effectuer pour compléter son outillage ordinaire, dépenses que

nous nous sommes efforcé de réduire, *plus encore que nous ne l'avions fait la première fois*, au strict minimum.

Nous avons également ajouté, à la demande de plusieurs de nos lecteurs, un paragraphe relatif à la détermination du degré ou titre *hydrotimétrique* des eaux douces. Comme nous n'avons pas modifié notre manière de voir au sujet de cette détermination, que nous considérons toujours comme étant sans aucune valeur au point de vue de la potabilité des eaux, nous nous sommes borné à décrire la méthode telle qu'elle est employée à l'*Observatoire de Montsouris*, par M. Albert Lévy.

Ajoutons encore, pour en finir avec la partie chimique, que nous avons fait disparaître quelques erreurs *grossières* qui s'étaient glissées dans l'édition de 1889, pendant la publication de laquelle nous avons été atteint coup sur coup de plusieurs affections très graves qui nous ont mis dans l'impossibilité de revoir les épreuves.



L'origine et les causes des modifications qui peuvent être ou sont imprimées aux propriétés physiologiques ou aux caractères biochimiques des eaux potables par les multiples manifestations de la vie à la surface du globe, échapperaient fréquemment aux investigations de l'analyste s'il en était réduit au seul concours des procédés chimiques.

Or ces modifications retentissent souvent d'une façon si terrible sur la santé des populations, qu'il lui importe au plus haut point de pouvoir recourir à des moyens de recherche et de diagnose suffisants pour lui permettre d'en découvrir la nature et d'en prévoir, atténuer ou faire disparaître les conséquences.

Fort heureusement, la science est une Déité généreuse, toujours secourable à ceux qui veulent et savent l'interroger; aussi nous apprend-elle à recourir à l'examen microscopique qui nous permettra de reconnaître et de caractériser les divers éléments figurés qui sont ou la cause ou l'indice des pollutions meurtrières et de résoudre ainsi sinon l'entièreté, au moins la plus grosse partie du problème posé.

Quelques exemples, brièvement résumés, suffiront pour montrer toute l'importance de cet examen tant au point de vue pro-

phylactique qu'en ce qui concerne l'appréciation de la valeur hygiénique d'une eau donnée.

Ainsi la présence de débris d'aliments cuits, notamment du tissu musculaire des animaux de boucherie, colorés par les pigments stercoraux et plus ou moins modifiés dans leur structure intime, permettra d'affirmer à coup sûr une contamination par les matières fécales, soit directe, soit indirecte : communication accidentelle ou continue entre l'eau et les fosses d'aisance, les égouts, etc.

Celle d'œufs ou de larves d'entozoaires ou d'hématozoaires, presque toujours justiciable d'une même origine, dévoilera en outre l'étiologie de nombre d'affections vermineuses et les mesures à prendre pour les faire disparaître.

L'examen comparé des êtres microscopiques ou des sédiments des eaux de surface et des eaux profondes, permettra souvent d'établir un rapport de cause à effet entre la contamination de ces dernières par les premières, celles-ci pouvant être, par exemple, des eaux stagnantes plus ou moins corrompues et reposant sur un sol crevassé, fissuré en communication avec celles-là ; de plus, on pourra reconnaître si cette communication est continue ou intermittente, récente ou ancienne, faible ou forte : il suffira de se rappeler que la coloration de certains organismes, les algues par exemple, varie considérablement sous l'influence de la lumière ou de l'obscurité, etc. M. le professeur Moniez, de la Faculté de Lille, a montré au cours de ses recherches sur la *faune* des eaux profondes de Lille et des environs, toute l'importance de cette étude comparative.

On sait que de nombreuses plantes et de non moins nombreux animalcules, que nous apprendrons à connaître au cours de cet ouvrage, doivent puiser le carbone qui leur est nécessaire dans les matières végétales en décomposition ou en putréfaction : la présence de ces organismes sera donc un indice certain de la corruption des eaux par ces matières, sur la nocivité desquelles nous aurons à insister ultérieurement.

Tous les êtres qui se rencontrent au sein des eaux et surtout ceux qui y vivent habituellement, ne sont du reste pas également dangereux pour l'homme ou pour les animaux supérieurs; en outre, il en est aussi d'inoffensifs et même d'incontestablement

utiles : c'est ainsi que les plantes vertes immergées concourent, parfois même à un très haut degré, à la purification des eaux ou à la conservation de leur pureté. Leur différenciation, dont l'utilité n'a pas besoin d'être démontrée, sera également établie par le *micrographe*, dont le rôle, on le voit, est loin d'être insignifiant.

Mais, il ne faut pas se le dissimuler, ce rôle exige, pour être sérieusement rempli, des connaissances assez étendues et de bon aloi, les éléments que l'on peut trouver dans les sédiments aqueux étant excessivement nombreux et variés. Il suffit, pour s'en convaincre aisément, de recueillir sur les bords d'un étang ou d'un fossé limpide, quelques brins d'herbes, quelques fragments de plantes immergées, d'y joindre quelques centimètres cubes d'eau et d'en conserver une partie à l'air libre et à la lumière et l'autre en flacon fermé et placé à l'obscurité, puis de procéder au bout de un, deux et trois jours à l'examen microscopique de chacun de ces liquides, en ayant soin d'exprimer un ou deux brins d'herbe sur la lame porte-objet : c'est par milliers que l'on pourra observer ainsi les êtres les plus divers et les plus bizarres et le spectacle auquel on assistera ne sera certes pas l'un des moins intéressants qu'il puisse être donné à l'homme d'observer.

Des individus de toute forme, de toute taille, de toute corpulence, droits comme des jouvenceaux ou courbés comme des vieillards décrépits, cintrés, spiralés, globuleux, ovoïdes, cylindriques, fusiformes, claviformes, haltériformes, campanulés, ramifiés, nus, velus ou cuirassés, casqués, panachés, couronnés, ciliés, se recherchent ou s'évitent, se caressent ou se dévorent, dorment, courent, dansent, sautent, nagent, plongent, virent, pèchent ou chassent; les uns sont grands, gros, gras, pansus, goulus, lourds, disgracieux ou laids à miracle, micromégasques ici, poussahs ou Falstaff là, mais partout voraces comme des tigres, gloutons comme des brochets, venimeux comme des serpents; les autres, minces, diaphanes, à peine visibles, mais gracieux, sveltes, élancés, fiers comme des paons, hardis comme des pages, malins comme des singes, paraissent vivre de poésie, d'amour et — ce n'est pourtant pas précisément le cas de le dire — d'eau claire!

Certes, tous ne se montreront pas dans une eau donnée, mais

tous et bien d'autres encore, peuvent, à un moment donné, apparaître sous la... lentille. Ainsi, on connaît plus de mille espèces d'algues microscopiques, pour le moins autant d'infusoires et plus encore de schizomycètes, de vers, d'arthropodes, de molluscoïdes, etc., sans compter les innombrables débris ou organes de toute espèce, de toute nature et de toute provenance introduits accidentellement dans les eaux douces.

Il n'est nullement nécessaire, il est vrai, — et c'est fort heureux! — de connaître le nom générique ou la dénomination scientifique exacte de chacun de ces êtres, de ces organes ou de ces éléments, pour s'occuper avec fruit de l'analyse micrographique des eaux au point de vue hygiénique; mais encore faut-il, tout au moins, savoir distinguer les principaux et pouvoir les grouper d'après leur degré de nuisance ou d'utilité.

On y parviendra en s'appuyant sur quelques réactions générales peu compliquées et sur la connaissance, assez facile à acquérir du reste, des caractères généraux de ces groupes et des fonctions biologiques les plus importantes des êtres qui la composent.

Ce sont ces réactions, ces caractères et ces fonctions que nous nous sommes efforcé de décrire dans la *seconde partie* de cet ouvrage, en accompagnant nos descriptions de plusieurs centaines de figures noires et coloriées toutes spécialement dessinées et gravées pour lui, soit d'après nos préparations, soit d'après les dessins des principaux auteurs mentionnés dans la *Bibliographie* qui termine ce livre et parmi lesquels nous devons citer tout particulièrement les magnifiques atlas d'Ehrenberg, de Müller et de Dujardin et les ouvrages de Blanchard, Cienkowski Claparède et Lackmann, Claus, de Fromentel, Payer, Sachs, Stein et Van Tieghen. (Il nous eût été également fort agréable de pouvoir recourir au grand travail de Wolle sur les algues d'Amérique et à celui de Pritchard sur les infusoires, mais il ne nous a pas été possible de nous les procurer.) Le lecteur pourra se convaincre que nous n'avons reculé devant aucun sacrifice pour lui présenter un travail aussi complet qu'il nous a été possible de le faire.

Ce n'est pas à dire cependant que nous ayions atteint la perfection, bien loin, excessivement loin de là même, mais

comme il n'a été publié sur l'*Analyse micrographique* des eaux potables que quelques brochures ou quelques notices, très intéressantes, il est vrai, mais aussi très sommaires et absolument incomplètes, nous croyons que notre ouvrage est appelé à rendre de sérieux services et qu'il facilitera, en outre, le classement des documents qui pourront être ultérieurement recueillis.

Dans tous les cas, il aura à tout le moins le mérite d'appeler la sérieuse attention des chimistes et des hygiénistes sur un côté, beaucoup trop délaissé jusqu'ici, de l'analyse des eaux potables; or, un semblable résultat nous dédommagerait amplement des peines et des dépenses, excessivement considérables, on peut nous en croire, que nous a coûtées ce travail.



Si nous ne sommes entré jusqu'ici dans aucun détail relativement à cette classe d'êtres microscopiques auxquels Sédillot a imposé la dénomination si exacte de *Microbes*, c'est que l'examen microscopique seul étant insuffisant pour les caractériser, il est nécessaire de recourir à de nouveaux procédés de diagnose dont l'ensemble constitue une science qui, bien que d'origine relativement toute récente, possède cependant sa technique, ses méthodes, de nombreux adeptes et même des... détracteurs. Cette science, c'est la *microbiologie* ou la *bactériologie*, deux expressions devenues absolument synonymes, mais que l'on a cependant tort de confondre, la dernière s'occupant d'êtres qui sont loin d'être " infiniments petits ", puisqu'il en est qui peuvent atteindre jusque *un millimètre de longueur*.

Jusqu'en ces derniers temps, l'*analyse microbiologique* des eaux potables était ou paraissait être à la portée de tout le monde et si peu de personnes s'en sont occupées ou s'en occupent, c'est qu'il est généralement admis que pour pouvoir la cultiver — pardon — avec fruit, il faut posséder un outillage exceptionnel, très compliqué et surtout excessivement coûteux.

Malgré cela, — nous ne voulons point dire à cause de cela — les documents y relatifs se sont accumulés et continuent à s'accumuler à tel point qu'elle est devenue, sous tous les rapports, un véritable casse-tête chinois, ce qui était article de foi hier devenant contestable aujourd'hui et erroné demain.

Il y a deux ou trois ans à peine, c'était jeu d'enfant que de découvrir, dans une eau donnée, le bacille du choléra ou celui de la fièvre typhoïde; aujourd'hui, on leur connaît tant et tant de Ménechmes, que les plus savants spécialistes y perdent leur latin et que ceux d'entre eux qui n'ont point oublié l'Enéide s'écrient, comme l'auteur des Géorgiques :

Quantum mutatus ab illo!

Aussi faut-il, si l'on veut se prononcer dans la plupart des cas, — non pas même dans tous — être à la fois chimiste, micrographe, naturaliste, physiologiste, anatomo-pathologiste,etc.,etc., ce qui, entre parenthèse, est peut-être beaucoup pour un seul homme.

Mais, chose assurément curieuse, plus l'*analyse microbiologique* des eaux paraît devenir difficile et moins l'on semble vouloir admettre ses résultats : la crainte du microbe, que l'on disait être le commencement de la sagesse, disparaît peu à peu et fait place à l'indifférence et même au mépris le plus absolu (voir IVe partie); toutefois, et en attendant que l'inanité des théories microbio-pathogéniques ait été nettement démontrée, nous sommes d'avis qu'il est nécessaire de soumettre, surtout en temps d'épidémies, toutes les eaux à l'examen, les microbes se rencontrant surtout dans celles qui ont été polluées par des matières organiques en voie de décomposition et certains d'entre eux y étant généralement introduits avec les matières fécales des malades dans le tube intestinal desquels ils se trouvaient.

C'est pourquoi nous consacrons à cette analyse une partie de notre ouvrage, au cours de laquelle nous examinerons successivement la marche à suivre pour *compter* les microbes et *caractériser* les principaux d'entre eux.

Le *dosage* ou la *numération* des bactéries s'exécute actuellement encore, dans tous les laboratoires, d'après le procédé indiqué, il y a plusieurs années déjà, par M. Koch, c'est-à-dire au moyen de plaques de gélatine neutre ou très légèrement alcaline, que l'on maintient, pendant un temps plus ou moins considérable, à une température de 20 à 22° C.

En principe, les cultures sur plaques sont excellentes et les

résultats qu'elles fournissent très acceptables, pourvu toutefois que l'on prenne toutes les précautions nécessaires en vue d'éviter les contaminations extérieures, les liquéfactions prématurées, l'excès des colonies, etc., ce qui, en fait, ne présente guère de difficultés. Il a été reconnu, il est vrai, que certains microbes sont d'infiniments petits — oh! combien petits — disciples de Brillat-Savarin et trouveraient sans aucun doute le brouet des Lacédémoniens des plus méprisable; toutefois, il ne s'agit là, en somme, que d'une infime minorité d'agents nitrificateurs ou autres dont il n'y a pas à se préoccuper, du moins pour le moment.

Mais la méthode des cultures sur plaques est passible d'une critique autrement importante et qui est relative à la température d'incubation.

Pourquoi maintenir les plaques à 20-22° C., par exemple, et même moins, alors que la température du corps humain, celle à laquelle vont être soumis les microbes aussitôt leur ingestion, s'élève à 37-38° C.?

De quelle importance cela peut-il être pour nous, consommateurs, médecins, hygiénistes, que tels ou tels microbes évoluent ou prolifèrent admirablement à 22° C., s'ils languissent, dépérissent ou meurent à 38° ou réciproquement?

Mais, répond-on, la gélatine se liquéfiant à une température à peine supérieure a 22° C., il est impossible d'agir autrement.

Examinons ce que vaut cette objection, en apparence capitale.

La gélatine constitue-t-elle un milieu de culture unique? Les microbes meurent-ils invariablement sur tout autre substratum?

La réponse à ces deux questions est et ne peut pas ne pas être négative.

En effet, les bactéries prolifèrent non-seulement dans de l'eau plusieurs fois redistillée, des quantités infinitésimales de matières organiques leur suffisant pour vivre, mais il en est même dont l'évolution est entravée par une trop grande proportion de matières protéiques; on peut donc considérer la gélatine comme un *support* dans ou sur lequel on a introduit ou disposé des aliments suffisants pour assurer la vie et le développement des êtres dont nous nous occupons, support que l'on peut évidemment remplacer sans aucun inconvénient par tout autre de même nature et de consistance plus grande. C'est pourquoi nous avons

préconisé, depuis plusieurs années déjà (1), l'emploi d'un mélange de gélatine et de gélose restant solide en-dessous de 40° C. et rendu nutritif par addition de substances protéiques et salines qui le rapprochent autant que faire se peut des sucs digestifs chez l'homme.

Une autre critique que nous avons adressée à la méthode de numération ou de dosage des bactéries, c'est de ne comporter que l'usage de milieux neutres ou légèrement alcalins. Or, tous les bactériologues et tous les médecins savent que le suc gastrique est mortel pour un très grand nombre de microbes et cela en raison de son *acidité* plus ou moins prononcée. Il serait donc rationnel et même absolument indispensable de tenir compte de ce caractère ou de cette action, lorsqu'il s'agit de procéder à des dosages de bactéries, mais ici la difficulté est, sinon insurmontable, tout au moins trop malaisée à tourner pour que nous insistions. Bornons-nous donc, pour le moment du moins, à appeler l'attention sur ce sujet et à en tenir compte dans l'appréciation des résultats au point de vue hygiénique.

Nous dirons peu de chose de l'analyse microbiologique *qualitative*. Nous nous sommes, en effet, borné à résumer très brièvement l'état actuel de nos connaissances sur les principaux microbes des eaux douces, ne faisant d'exception qu'en faveur des bacilles de Koch et d'Eberth, dont la recherche et la diagnose sont assez longuement développées. C'est ainsi que nous donnons la méthode toute récente (mai 1893) et déjà modifiée de Koch pour la recherche du bacille qui porte son nom, le procédé plus récent encore (juillet 93) de MM. Nicolle et Morax pour la coloration des cils, enfin une méthode très complète pour la recherche du bacille d'Eberth, méthode dont la technique, bonne ou mauvaise, est presque entièrement nôtre, mais dont le principe appartient à plusieurs auteurs dont nous citerons les noms en lieu et place. Pour le surplus : inoculations, extraction des leucomaïnes, etc., nous renverrons le lecteur aux ouvrages spéciaux.



Ainsi que nous l'avons dit en commençant, l'analyste ne doit pas se borner à déterminer les caractères et la composition des

(1) *Moniteur du praticien*, année 1888, p. 61.

eaux soumises à son examen; il doit encore et surtout pouvoir se prononcer sur leur valeur au point de vue hygiénique.

Afin de lui permettre de le faire en connaissance de cause, nous consacrons la *IVe partie* de cet ouvrage à l'exposé et à la discussion des points suivants :

1° Fixation des caractères organoleptiques et de la composition chimique que doivent présenter les eaux douces pour pouvoir être déclarées physiologiquement pures;

2° Causes et modes de contamination;

3° Dangers que présentent, au point de vue sanitaire, les eaux contaminées;

4° Modes divers de purification des dites eaux;

5° Enfin, discussion et appréciation des résultats analytiques et classification des eaux au point de vue hygiénique.

Trois méthodes ont été préconisées pour la détermination des qualités que doivent présenter les bonnes eaux potables.

L'une consiste dans l'étude comparative de ces eaux au triple point de vue physique, chimique et biologique, et de l'état sanitaire des populations qui les consomment.

A priori, elle semble très rationnelle et il paraît malaisé d'en contester les conclusions pourvu, bien entendu, qu'elles soient basées sur une observation rigoureuse des faits et des chiffres.

Cependant, si l'on y prête quelque attention, on ne tarde pas à s'apercevoir qu'elle est passible d'une grave objection, attendu qu'elle ne tient aucun compte de la question pourtant si importante de l'*accoutumance.*

La seconde est basée sur l'expérimentation physiologique. Bien conduite, établie sur une grande échelle et poursuivie pendant un temps suffisant, elle constitue bien certainement la méthode de choix; malheureusement, il est extrêmement malaisé de réunir sur un même point et dans toutes les conditions nécessaires à une expérience sérieuse un nombre d'individus assez considérable pour donner aux résultats obtenus un caractère scientifique indiscutable. Les médecins militaires seuls pourraient, tout au moins jusqu'à un certain point, entreprendre et poursuivre des recherches de cette nature, soit aux époques d'arrivée aux régiments des miliciens de nouvelles levées, soit à l'occasion des changements de garnison; encore faut-il ajouter qu'il ne peut

leur être permis, pas plus qu'à tous autres, je ne dis pas de mettre la vie des hommes en danger, mais même de laisser compromettre leur santé sous prétexte d'expériences, si intéressantes fussent-elles.

La troisième méthode, d'ordre biologique, est à la fois théorique et pratique, scientifique et expérimentale; c'est la seule dont on puisse faire usage dans tous les cas et partout, mais elle exige la détermination précise du rôle physiologique des eaux potables.

Or, nous n'étonnerons personne en disant que les auteurs ne sont pas plus d'accord sur ce sujet que sur bien d'autres, les uns ne voulant voir dans l'eau qu'une boisson destinée à apaiser ou étancher la soif, à aider à la déglutition et à favoriser la digestion et l'absorption des aliments, tandis que les autres veulent en outre qu'elle intervienne dans le développement, l'évolution ou la régénération des tissus, des organes et des êtres par les sels qu'elle tient en dissolution.

De telle sorte que si l'on admettait cette dernière théorie, l'on ne pourrait déclarer potables que les eaux contenant un minimum, à fixer, de sels minéraux nécessaires à l'organisme, tandis que si l'on se range du côté des adeptes de la première opinion, on *pourra* — nous ne disons pas qu'on *devra* — considérer comme types d'eaux pures celles qui contiendraient le moins de substances dissoutes, telles par exemple que les eaux de pluie ou les eaux distillées.

Il est cependant une troisième hypothèse, de nature quelque peu épicurienne, il est vrai, mais non moins physiologique pourtant et qui, tout en ne considérant l'eau que comme une boisson, permet de conclure sinon à la nécessité au moins à l'*utilité* de certains sels, en proportion modérée, dans les eaux potables; c'est celle que nous admettons et que nous développerons ultérieurement. Bornons-nous, pour le moment, à énoncer les bases de notre appréciation au point de vue physiologique.

L'eau étant une boisson destinée à calmer, apaiser, étancher la soif, doit plaire au goût, être légère à l'estomac, et n'affecter ni la vue, ni l'odorat.

Faisant partie intégrante de nos tissus et devant être absorbée par l'organisme, elle ne doit contenir aucun élément étranger à ce dernier.

Employée à la préparation et concourant à la régularité de la digestion et de l'assimilation de nos aliments, elle doit posséder des caractères et une composition tels qu'elle n'entrave sous aucun rapport ni les actes ni les phénomènes qui les accompagnent ou les suivent.

En nous appuyant sur ces données et en tenant compte de ce fait universellement admis et du reste physiologiquement démontré, que l'organisme animal possède une puissance de réaction et d'accommodation assez prononcée, nous pourrons établir une classification hygiénique rationnelle des eaux douces que chacun pourra aisément adopter, rejeter ou discuter, puisqu'il aura sous les yeux tous les éléments d'appréciation nécessaires pour émettre une opinion raisonnée dans un cas déterminé.

Parmi les nombreuses maladies qui frappent et déciment l'humanité, il en est plusieurs et non des moins dangereuses, dans l'éclosion et la dissémination desquelles les eaux potables jouent incontestablement un grand rôle. Des centaines de faits, parmi lesquels beaucoup ont la valeur de véritables expériences de laboratoire, prouvent en effet et ce à toute évidence, que la fièvre typhoïde, le choléra, la dysenterie, l'impaludisme, l'helminthiase, etc., sévissent plus ou moins cruellement au sein des populations qui consomment des eaux impures et que toute mesure qui atténue ou supprime la pollution, est immédiatement suivie d'une diminution frappante de la mortalité et même de la disparition totale de ces affections.

Mais si l'action nuisible des eaux altérées est indéniable et à ce point caractéristique même que des hygiénistes et des médecins éminents n'ont pas craint de professer qu'elles étaient le seul ou tout au moins, et de beaucoup, le plus important vecteur de la fièvre typhoïde et du choléra par exemple, la recherche ou la détermination des *causes* de cette nocivité constituent toujours l'un des problèmes les plus intéressants à résoudre tant pour l'analyste, le médecin et l'hygiéniste, que pour l'économiste et l'ingénieur.

Il leur importe à tous, en effet, et ce à un très haut point, d'être fixés sur l'origine ou la nature organique ou inorganique, animée ou inanimée, soluble ou insoluble du *contage* des diverses affec-

tions endémiques ou épidémiques, susceptibles de naître ou de se propager sous l'influence ou par l'intermédiaire de l'eau.

Qu'il soit permis de l'attribuer exclusivement à la présence de substances minérales ou à celle de matières organiques, animales ou végétales, en putréfaction ou en voie de décomposition plus ou moins avancée, les unes et les autres dissoutes dans l'eau et, immédiatement, l'analyse micrographique et l'analyse microbiologique deviennent inutiles : le chimiste reste seul juge de la valeur des eaux au point de vue hygiénique; par contre, les dépenses à faire et les travaux à exécuter pour le captage et l'adduction d'eaux pures atteignent le maximum du coût et des difficultés.

Si, au contraire, les agents du *contagium* ne sont autre chose, comme beaucoup le croient et l'enseignent, que les êtres animés : les microbes, pour les appeler par leur nom, tout change : l'analyse chimique n'a pour ainsi dire plus de raison d'être, tandis que le microbiologiste et le micrographe deviennent les souverains arbitres de la situation; en outre, une simple filtration faite avec soin permet alors d'utiliser toutes les eaux courantes ou stagnantes, même les plus infectes au point de vue de l'odeur, du goût, de la saveur, etc.

L'une et l'autre de ces deux théories ont eu et ont encore leurs défenseurs attitrés, parmi lesquels on compte nombre d'hygiénistes éminents et de savants illustres, les uns et les autres étayant leurs arguments sur des observations et des faits dont nous résumerons et discuterons brièvement les plus importants, spécialement en ce qui concerne le choléra et la fièvre typhoïde, mais sans négliger cependant ce que l'on sait de positif au sujet d'autres affections. Nous procéderons à cet exposé sans aucun parti pris, sans aucune idée préconçue, mais non sans le vif désir d'aider à l'élucidation de l'important problème dont nous venons d'exposer la nature, dussent nos conclusions heurter les opinions de savants que nous estimons ou admirons :

Amicus Plato, sed magis amica veritas.

Nous nous bornerons à indiquer brièvement les causes de contamination des eaux de surface et des eaux profondes, mais nous entrerons dans quelques détails au sujet des divers modes de

purification préconisés jusqu'ici : filtration, précipitation chimique, ébullition, etc., dont nous apprécierons la valeur pratique.

Enfin, nous terminerons notre travail par un chapitre que nous consacrerons à la discussion et à l'interprétation des résultats de l'analyse et à la classification des eaux au point de vue hygiénique, chapitre qui ne sera certes pas le moins intéressant de notre *Traité d'analyse des eaux potables.*

PREMIÈRE PARTIE

ANALYSE CHIMIQUE

CHAPITRE PREMIER

APPAREILS ET RÉACTIFS

§ Ier — Appareils.

L'analyse scientifique, c'est-à-dire exacte et complète d'une eau douce, exige une installation sérieuse et un outillage assez coûteux, mais la détermination rapide, approximative par conséquent, de ses caractères physiques et de sa composition chimique au point de vue hygiénique peut s'exécuter dans toutes les pharmacies et, *a fortiori*, dans tout laboratoire d'analyse, sans grande dépense du chef d'appareils et de produits ou réactifs.

Pour le prouver à toute évidence ainsi que pour permettre à chacun de se rendre immédiatement compte de ce qui peut lui manquer sous ce rapport, nous allons indiquer ici tous ceux dont on peut avoir besoin au cours d'une analyse *complète*, mais nous mentionnerons succinctement, au § II du chapitre II, ceux qui sont nécessaires pour un *essai rapide* et pour une *analyse succincte.*

Afin d'éviter des répétitions et des longueurs inutiles, nous supposerons que l'on a à sa disposition le gaz d'éclairage et l'eau sous pression; ceux qui seraient moins bien lotis sous ce rap-

port, remplaceront le gaz par l'alcool, les hydrocarbures liquides, le charbon, etc., et choisiront des appareils de chauffage en conséquence; quant à l'eau, tout le monde peut facilement faire installer sous le toit de son habitation un réservoir d'eau de pluie, avec tuyau de conduite aboutissant au local où se trouve le laboratoire.

Nous classerons les appareils en deux grandes catégories savoir :

A Ceux d'usage courant et

B Ceux dont on n'a besoin que dans des cas spéciaux et dont l'usage est, par suite, beaucoup plus restreint.

A. — APPAREILS ORDINAIRES

a) **Pour les pesées :** 1° Une balance Roberval ou autre d'une portée de 1,500 à 2,000 grammes, sensible à 10 centigrammes. Il faut s'adresser à un constructeur sérieux et n'accepter que des instruments bien construits et présentant toutes les garanties d'exactitude désirables. On la vérifiera, ainsi que les poids, en cuivre, d'après les indications ci-après.

2° Une balance de demi-précision, d'une force de 200 à 250 grammes, sensible au 1/2 ou au 1/4 de milligramme. Elle doit être renfermée dans une cage en verre, avec porte à contre-poids, vis calantes et niveau d'eau. Les couteaux et les plans seront en agate, les poids, ajustés avec soin, seront dorés ou platinés jusqu'au gramme inclusivement, et en platine pour les subdivisions, sauf le milligramme, le 1/2 et le 1/4 de milligramme qui seront en fil d'aluminium et spiralés.

On trouvera ce modèle chez tous les bons constructeurs, mais le prix en est très variable et peut atteindre jusque 350 à 400 francs. Nous signalerons tout particulièrement la balance que M. Sartorius, de Göttingen, a bien voulu construire d'après les indications que nous avons publiées ailleurs (1). Elle est représentée ci-contre (fig. 1) et ne coûte que 125 francs, poids non compris. Avec une règle à cavalier, du reste inutile et dans tous les cas fort mal construite jusqu'ici, le prix atteint environ 140 francs. Les plans, couteaux, etc., sont en agate et le support en cristal noir très épais.

(1) *Moniteur du praticien*, année 1887, p. 259.

Les plateaux, qui mesurent 14 centimètres de diamètre et sont assez éloignés des parois pour que l'on puisse aisément peser des tubes ou des appareils assez longs et assez larges, sont soigneusement platinés. La force de la balance est de *200* grammes pour chaque plateau et sa sensibilité de *1/5* de milligramme, ce qui

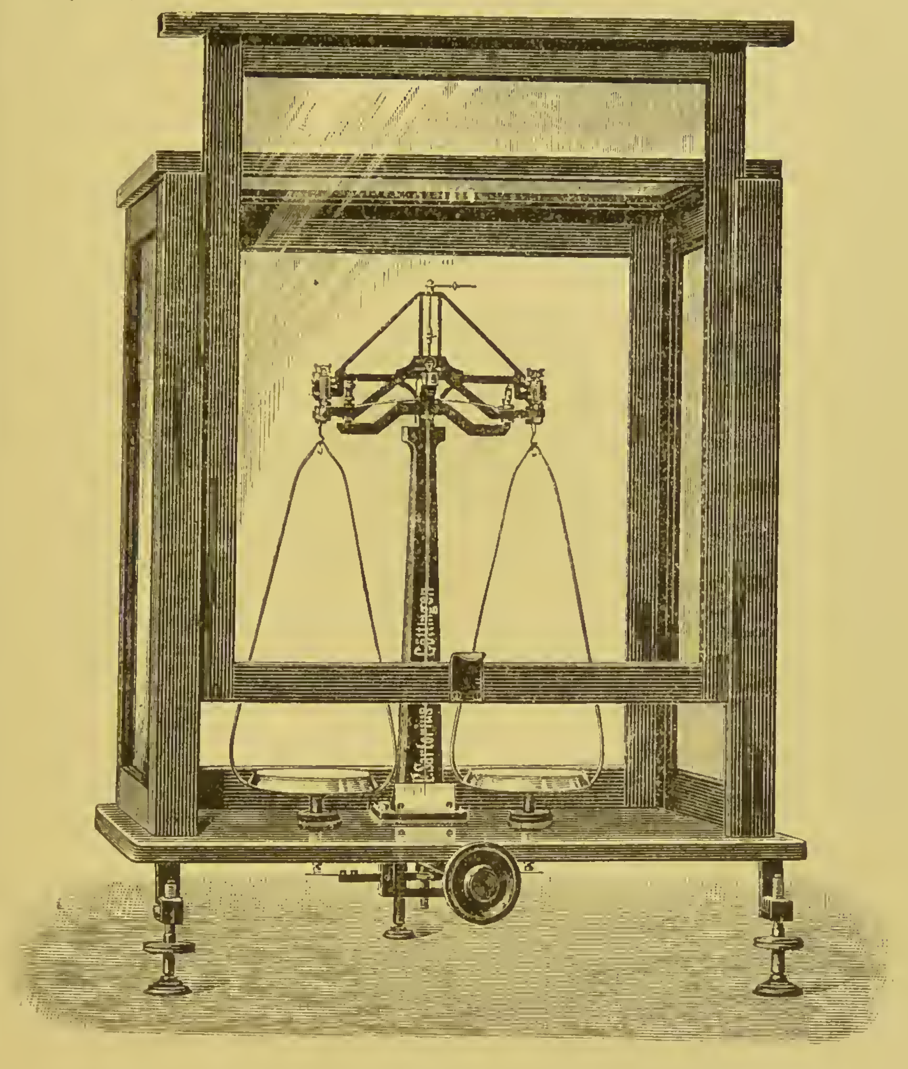


Fig. 1.

est amplement suffisant, même pour la plupart des analyses de précision.

Position et soins à donner à la balance. — Elle sera placée sur une console ou une cheminée et y calée dans une position tout à fait horizontale. On la tiendra aussi éloignée ou aussi à l'abri que possible du feu, des rayons directs du soleil, de la poussière et des trépidations de la rue, etc.; pour maintenir l'atmosphère

de la cage en état de siccité, on placera derrière chaque plateau, contre la paroi postérieure, un vase assez large contenant de l'acide sulfurique concentré que l'on renouvellera aussi souvent que nécessaire.

Essai de la balance. — On s'assure de l'équilibre des plateaux en tournant doucement et régulièrement vers la gauche le bouton du mécanisme d'arrêt : les oscillations de l'aiguille doivent être égales et l'arrêt doit se faire exactement au zéro de l'échelle. On place ensuite sur l'un des plateaux un poids de 200 grammes et sur l'autre une capsule ou un gobelet dans lequel on introduit de la grenaille de plomb, puis des fragments de feuille mince d'étain jusque parfait équilibre : si l'on change alors le poids et le vase de plateaux, l'équilibre ne doit pas être rompu, si les bras du fléau sont égaux.

Pour apprécier la sensibilité, on ajoute sur l'un des plateaux un poids de 1/2 ou 1/4 de milligramme, puis on tourne le bouton d'arrêt : l'aiguille doit s'incliner, vers le plateau opposé, d'une ou plusieurs divisions de l'échelle.

Essai des poids. — Est tout aussi indispensable que celui de la balance. Celle-ci étant au repos, on y procédera de la manière suivante et en prenant toutes les précautions qui seront indiquées ci-après pour les pesées. On pose sur l'un des plateaux, celui de gauche, par exemple (G), un poids quelconque : un gramme, je suppose, et sur celui de droite (D) un poids de 50 centigrammes, deux de 20 et un de dix, puis on examine si l'équilibre est ou non rompu.

En faisant passer le premier poids de G en D et le remplaçant par celui de 2 grammes et ainsi de suite pour tous les multiples et tous les sous-multiples du gramme, que l'on compare 2 à 2, 3 à 3, un à plusieurs ou à tous, etc., etc., on doit toujours constater une égale amplitude d'oscillations et l'arrêt de l'aiguille au 0. S'il y a écart, il ne doit jamais être supérieur à la fraction de milligramme (1/5 ici) qui représente la sensibilité de la balance.

Pesées. — Pour déterminer exactement le poids d'un corps et conserver à la balance sa justesse et sa sensibilité, on devra observer les prescriptions suivantes :

Placer toujours le corps à peser sur le plateau gauche et les poids sur le droit ou *vice versa.*

Ajouter ou ôter les poids de manière à resserrer constamment les limites entre lesquelles doit se trouver le poids réel de la substance que l'on pèse, en ayant *soin de mettre la balance au repos chaque fois que l'on veut ajouter ou retirer, soit un poids, si petit soit-il, soit une partie quelconque du corps à peser.*

Lorsque l'on possède une balance ordinaire, on abrège de beaucoup la durée des pesées en déterminant d'abord sur cette balance le poids approximatif du corps ou de la substance à peser.

Celle-ci ou celui-là devront toujours, sauf de très rares exceptions, être placés dans un vase couvert et préalablement taré avec son couvercle : verre de montre, capsule, creuset, etc., et jamais posés directement sur le plateau. Les vases devront être séchés avec soin à l'étuve et refroidis dans l'exsiccateur à acide sulfurique; leur poids sera inscrit, une fois pour toutes, sur une feuille de papier ou de carton que l'on conservera dans le tiroir ou dans la cage de la balance.

Lorsqu'il s'agit de résultats très précis portant sur des substances hygroscopiques séchées à l'étuve, on doit faire au moins deux pesées et souvent trois, à intervalles de 10 à 15 minutes, pendant lesquels on reporte à l'étuve, puis dans l'exsiccateur, jusqu'à ce que le poids reste constant.

Pour noter celui-ci, on compte d'abord les poids d'après les cases restées vides dans la boîte ou bien encore ceux qui n'ont pas été employés et on écrit le total sur une feuille de papier; on additionne ensuite, *sans les retirer,* les poids qui sont sur le plateau et on écrit leur somme à côté de la première. Si l'on a déterminé celle-ci d'après les cases vides, les deux doivent être égales, tandis que si l'on a opéré de la seconde manière, les sommes doivent correspondre à la totalité des poids dont on dispose. Quant au poids de la substance, il sera nécessairement égal au chiffre trouvé, moins la tare du vase dans lequel elle a été pesée.

Il ne faut jamais peser un vase ou un produit quelconque avant refroidissement complet à la température ambiante. On fera autant que possible usage, pour les filtres, de deux verres de montre rodés, maintenus l'un sur l'autre au moyen d'une petite pince *ad hoc*, ou encore d'un large tube fermé par un bouchon en verre rodé à l'émeri. Quant aux liquides, on les introduira toujours dans des flacons également bouchés à l'émeri.

Nous ne parlerons pas des pesées par substitution : lorsque la balance et les poids sont exacts, elles sont superflues; or, il est tout à fait inutile, à notre avis, d'aider les constructeurs à écouler leurs rossignols.

b) **Appareils de chauffage** : 1° Une *étuve* en cuivre ou en fonte à doubles parois, avec porte en verre munie d'une ventouse à la partie inférieure. Un ou deux supports en toile métallique, à très larges mailles, sur lesquels on pose les vases, filtres, etc., à dessécher, sont placés dans l'appareil à 4 ou 5 centimètres du fond pour le support inférieur et à 12-15 centimètres pour le supérieur.

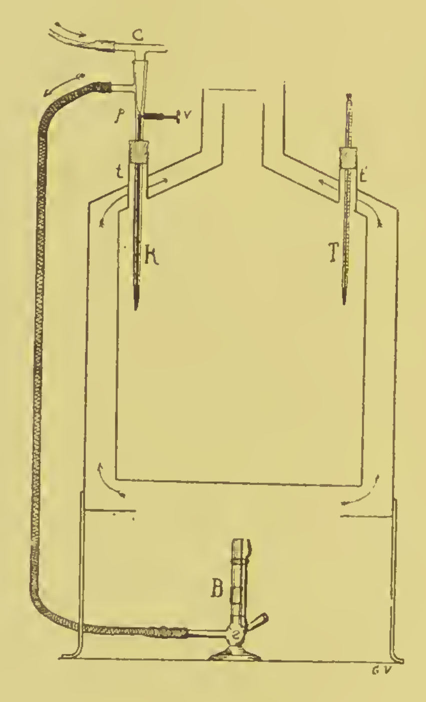


Fig. 2.

Nous nous servons depuis de longues années d'un modèle représenté figure 2 ci-contre et que l'on peut faire construire partout. Les dimensions intérieures sont les suivantes : 25 centimètres en largeur et en profondeur et 30 centimètres en hauteur, mais il va sans dire qu'elles peuvent être réduites ou augmentées à volonté. Les parois extérieures seront distantes de 5 centimètres environ des parois intérieures. On réglera l'arrivée du gaz au moyen d'un thermorégulateur, dont le plus simple et le moins coûteux est encore celui de Chancel, catalogué un peu partout

sous le nom de Reichert (fig. 2, R.); un thermomètre allant à 200° C. environ, sera placé dans la seconde tubulure (*t'*);

2° Deux ou trois *brûleurs* Bunsen avec leur support (fig. 3); on les choisit de préférence avec robinet réglant simultanément

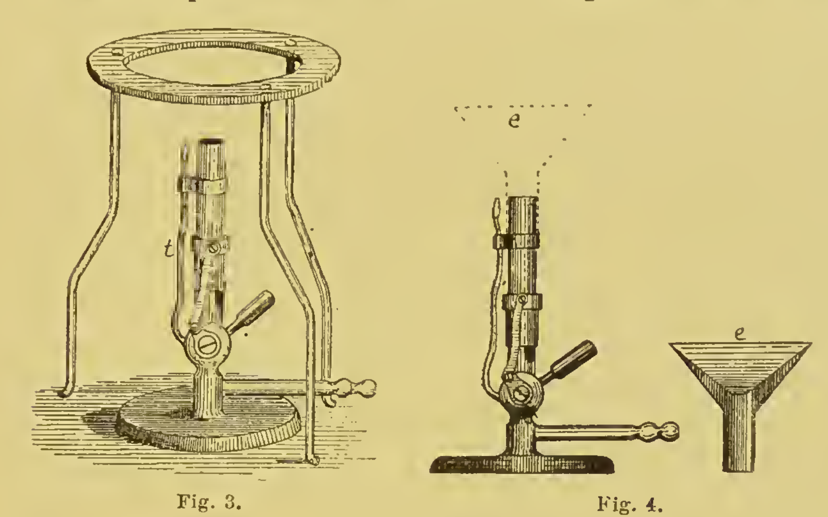


Fig. 3. Fig. 4.

l'arrivée et le mélange d'air et de gaz et muni d'un tube veilleuse *t*. La figure 4 représente un brûleur coiffé d'une " tête de bec „ en éventail (*e*), excessivement commode pour le travail du verre;

3° Un *chalumeau articulé* (fig. 5) avec tubes à robinet pour introduction de l'oxygène ou de l'air sous pression (A) et de

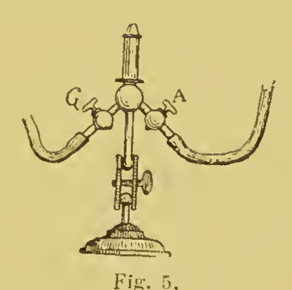


Fig. 5.

l'hydrogène ou du gaz d'éclairage (G). Il est absolument indispensable pour les calcinations, le travail du verre, etc. Une lampe

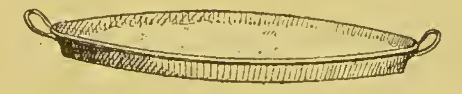


Fig. 6.

d'émailleur peut le remplacer lorsque l'on n'a pas de gaz à sa disposition;

4° Un *bain de sable* (fig. 6), sorte de plat ovale en fer battu ou

même en tôle de grandeur moyenne. La forme ovale est préférable parce que l'on peut mieux régler l'action de la chaleur en rapprochant plus ou moins les vases des extrémités du bain;

5° Un *bain-marie*. — Une marmite quelconque peut en tenir lieu. On fait découper dans une feuille de zinc, par le premier ferblantier venu, une série de rondelles ou cercles de diamètres variables, comme supports pour capsules, ballons, etc. Si l'on ne doit pas regarder à quelques francs, il est cependant préférable de se procurer un bain-marie à niveau constant.

c) **Appareils de mesure.** — 1° Deux *burettes* de Mohr à robinet, d'une capacité de 50 cc. et graduées en 1/10 de cc. On doit les choisir et les vérifier avec soin. Voici les qualités que nous exigeons des nôtres : le 0 ou trait supérieur doit être placé à 5 centimètres au moins de l'ouverture et le trait 50 à une égale distance du robinet; celui-ci doit être tout à fait étanche, ce qui, entre parenthèse, n'arrive pas deux fois sur dix; le tube doit être calibré ou tout au moins gradué de telle sorte que le volume d'eau distillée compris entre deux divisions quelconques soit identique à celui limité par deux autres divisions équidistantes et que le poids de 5, 10, 15, ... 50 cc. de ce liquide, déterminé à 15° C., ne soit ni inférieur ni supérieur de plus de 10 milligrammes à 4^{gr}996, 9,992, 14,988, ... 49,964.

Il importe en outre de s'assurer au cours de chaque dosage, que la burette se vide bien, c'est-à-dire qu'il ne reste pas de gouttelettes plus ou moins volumineuses adhérant au verre; si cela arrivait, on devrait laver la paroi à la soude caustique alcoolique, puis rincer à l'alcool et à l'eau distillée et recommencer les dosages. Des erreurs très sérieuses sont souvent commises par suite d'inobservance de ces prescriptions.

Flotteur d'Erdmann. — Ce petit appareil représenté en F, figure 7, est excessivement commode pour les lectures : lorsqu'il est bien construit, on peut aisément apprécier le 1/50 de cc.; de plus, toutes les erreurs de lecture, si faciles à commettre autrement, sont *absolument supprimées*. On doit toujours lui faire donner exactement la forme indiquée par la figure, sinon la pointe peut s'engager, lorsque le liquide arrive au bas de la burette, dans la partie rétrécie *e*, où il s'encastre parfois si exactement qu'on ne

peut le retirer qu'en retournant la burette sens dessus dessous et soufflant fortement en *p*.

Parmi les nombreuses formes de support imaginées pour les burettes de Mohr, celle que représente la figure 7 est une des

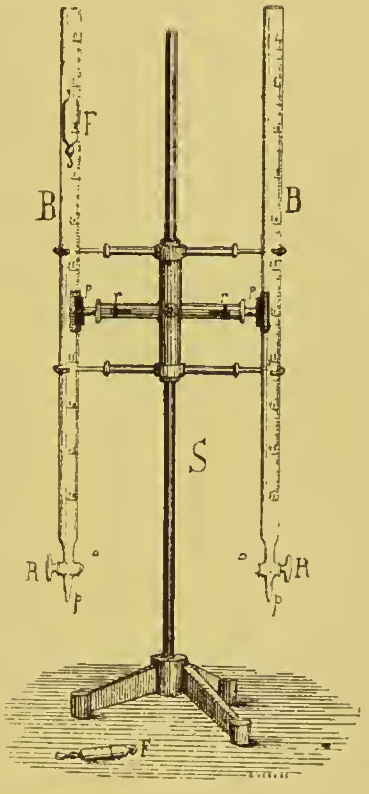


Fig. 7.

plus commodes que nous connaissions; il faut seulement exiger que les ressorts *rr* soient très forts et faire placer sur la face extérieure des pinces PP, un morceau de cuir ou de lame de caoutchouc. On trouvera ce support dans de bonnes conditions chez M. E. Greiner, à Stutzerbach, mais il faut insister pour obtenir le modèle à *ressorts renforcés* que nous y avons fait placer, sinon gare au balottement des burettes!

2° *Burettes à gaz* (fig. 36, M). — Une suffit. Elle doit mesurer 25 cc., et être graduée en 1/10 de cc.; son diamètre intérieur ne sera pas supérieur à 10 millimètres. On y fera joindre deux ou trois têts à gaz.

3° *Eprouvettes graduées* — On en prendra deux fermées à l'émeri (fig. 8) de 500 à 600 cc. de capacité et graduées de 5 en

5 cc. plus 1 de 1,000, 1 de 250 et 1 de 100 (fig. 9); enfin, il est recommandé de se procurer également deux éprouvettes-tubes de 25 et deux de 10 cc. graduées en 1/10 de cc. et fermées à l'émeri (fig. 10);

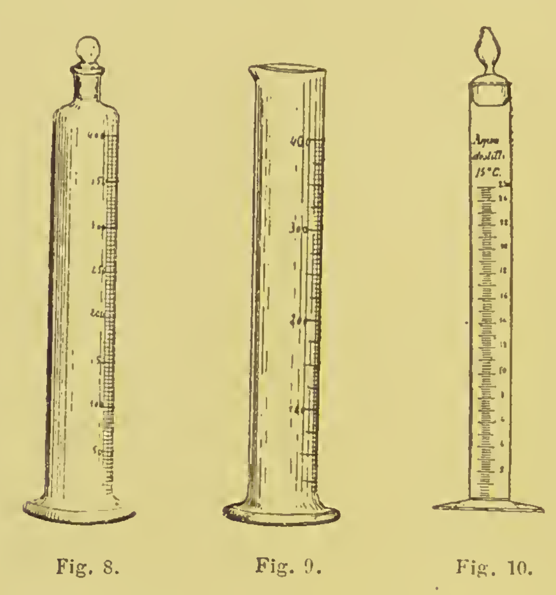


Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10.

4° *Pipettes.* — Les unes seront jaugées, les autres graduées. Toutes seront vérifiées avec soin et rejetées si elles ne laissent pas écouler, à 15° C., le volume exact de liquide qu'elles doivent contenir ; on doit donc les jauger ou les faire jauger humides ou et

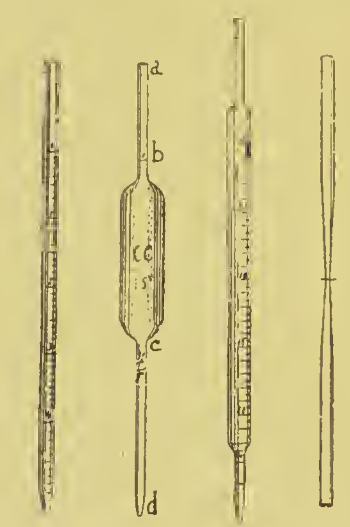


Fig. 11 Fig. 12. Fig. 13. Fig. 14.

mieux encore, à la fois à écoulement et à sec. Dans ce cas, deux traits, *m* et *s*, figure 12, indiqueront le volume exact correspondant

à chacune des deux formes de jaugeage. La partie *a b* devra mesurer au moins 10 et *c d* 15 centimètres, de manière que l'on puisse remplir la pipette par aspiration, sans crainte de voir arriver le liquide dans la bouche et l'introduire dans un matras ou un ballon dont le col serait plus étroit que la partie renflée R.

Les pipettes cylindriques auront la forme indiquée par les figures 11 et 13. La première sera réservée pour les pipettes d'une capacité inférieure à 20 c. c., la seconde pour celles de 20 c. c. ou plus. Les tubes-pipettes jaugés à un ou plusieurs traits seront préparés dans le laboratoire au moyen de tubes à gaz de diamètre convenable : 5 à 8 millimètres environ. Il suffit, pour cela, de couper dans un de ces tubes un morceau assez long pour faire deux pipettes et de l'étirer dans la flamme d'un bec Bunsen, comme l'indique la figure 14 : un trait de lime en sépare les deux pièces, que l'on jauge ensuite. Pour ce faire, on ferme la pointe dans la flamme ou encore avec un peu de cire à cacheter et on introduit dans le tube, par l'extrémité supérieure, un, deux ou plusieurs centimètres cubes ou fractions de centimètres cubes d'eau distillée, soit au moyen d'une burette de Mohr, soit avec une pipette graduée d'un petit volume.

Deux pipettes jaugées à 20 et deux à 10 cc. suffisent; en fait de pipettes graduées, 1 à 25, 1 à 10 et 1 à 5 divisées en 1/10 de cc. et deux de 1 cc. divisées en 1/100 de cc., sont nécessaires. Elles pourront être, comme tous les autres vases du reste, utilisées pour les analyses microbiologiques.

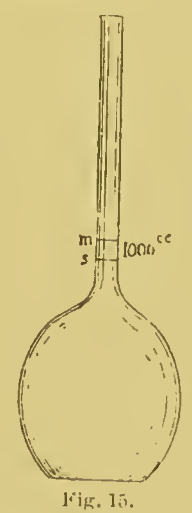


Fig. 15.

5° *Ballons jaugés.* — Un ballon de 1,000 cc. jaugé à deux traits et col étroit fermé à l'émeri (fig. 15) et un sans bouchon,

sont nécessaires. On doit en outre en posséder au moins deux de 500, et autant de 250, 100 et 50, les uns avec bouchon de verre, les autres sans.

Tous devront avoir la forme indiquée par la figure 15, c'est-à-dire jaugés à sec et mouillés, et ce de telle sorte que le trait inférieur (jauge à sec) soit placé un peu au-dessus du ballon proprement dit, là où le col devient nettement cylindrique : plus bas, les lectures seraient difficiles; plus haut, l'espace libre entre le bouchon et le trait serait trop petit pour effectuer convenablement le mélange des liquides introduits dans les ballons.

6° *Flacons compte-gouttes.* — Les flacons compte-gouttes de la forme indiquée figure 16 et d'une capacité de 100 à 150 cc.,



Fig. 16.

rendront de bons services. On en prendra une dizaine au moins, moitié en verre blanc et moitié en verre jaune, et on aura soin de bien graisser les bouchons et de les tourner de temps en temps si l'on ne se sert pas souvent des flacons.

7° *Thermomètres et baromètre.* — Deux ou trois thermomètres allant de 0 à 100, 200 et 360° C., le premier autant que possible divisé en 1/2 ou 1/5 de degré. Un tube barométrique ordinaire fixé sur planchette avec échelle en papier indiquant les divisions de 10 en 10 millimètres de mercure, suffit amplement, mais il est évident que si l'on peut se payer le luxe d'un instrument de grande précision, rien ne s'y oppose.

d) **Objets divers en verre ou en porcelaine.** — Quelques gobelets en verre mince de 100 à 600 cc.. 1 ballon ordinaire à fond plat, d'une contenance de 1,000 à 2,000 cc. pour servir de pissette à eau froide et deux de 1,000 cc. environ, en verre d'épaisseur moyenne, une cornue tubulée de 150 à 200 cc. et une

de 500 à 600, un serpentin avec réfrigérant pour monter l'appareil figure 39, faire les distillations, etc., deux ou trois douzaines de tubes à essai avec support et une ou deux douzaines plus grands (20 centimètres environ de longueur sur 17 millimètres de diamètre) et en verre plus mince, un support ordinaire, quelques tubes à gaz de 5, 6, 7, 8 millimètres de diamètre intérieur que l'on coupe à longueur voulue au moment des besoins, quelques agitateurs en verre plein et à bouts arrondis de longueur variable : 10 à 20 centimètres, et un de 40 à 50 centimètres, des entonnoirs à filtration avec paroi intérieure cannelée de trois ou quatre dimensions, deux ou trois tubes en U (fig. 34, p. 59) et trois idem, mais plus grands, enfin quelques capsules en porcelaine de Bayeux de dimensions variables.

e) **Objets en platine** : 1° une capsule avec couvercle (fig. 17), à



Fig. 17.

fond plat, mesurant environ 60 millimètres à la base et 70 en haut sur 40 de hauteur (contenance approximative, 125 à 130 cc.; poids, 50 à 55 grammes sans et 70 à 75 avec couvercle); 2° deux ou plusieurs petites capsules cylindriques, mesurant de 40 à 45 millimètres en diamètre et de 5 à 6 millimètres de profondeur (pour les évaporations dans le vide); 3° un creuset avec couvercle, d'une contenance de 20 à 25 cc.; 4° une pince en nickel ou acier nickelé à bouts de platine coudés à angle droit et mors sur le plat; 5° une spatule flexible pour détacher les précipités des filtres, etc., et un fil court et gros, terminé en massue à une extrémité et monté sur manche en bois ou métal, pour servir d'agitateur, de pilon, etc. ; 6° 2 à 3 grammes de fil fin pour faire des spirales-ponce, des supports en boucle pour l'examen spectroscopique, etc.

f) **Objets en métal divers**. – Une capsule en nickel, de 200 à 250 cc. de capacité, pour chauffer, évaporer et fondre les alcalis caustiques, doser approximativement le résidu sec et le résidu

fixe; une ou deux pinces en nickel, pour capsules, creusets, etc.; un jeu de 12 perce-bouchons en cuivre; une lime dite " queue de rat „, une triangulaire pour couper le verre, une plate pour métaux et demi-ronde pour le bois, les bouchons, etc.; 3 ou 4 pinces

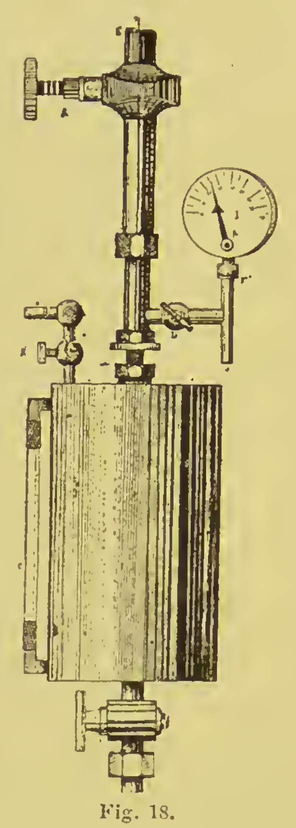


Fig. 18.

de Mohr (fig. 34, page 59): une trompe à eau soufflante et aspirante (fig. 18).

g) **Objets divers.**—Une pince en bois pour tubes à essai, des tubes en caoutchouc de diverses grosseurs, des bouchons en caoutchouc pleins et à 2 et 3 trous, ainsi que des bouchons en liége souple et fin, les uns et les autres de diverses grosseurs, deux ou trois valets en jonc ou en paille et quelques triangles en

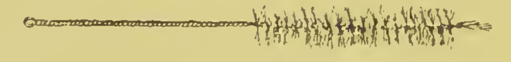


Fig. 19.

terre de pipe que l'on peut du reste préparer soi-même, quelques morceaux de tôle métallique pour interposer entre la flamme et le fond des ballons, capsules, etc., une petite meule en grès pour polir le verre, l'user, etc., des brosses cylindriques (fig. 19) de

diverses grosseurs et longueurs, pour nettoyer les tubes, les éprouvettes, pipettes, burettes de Mohr, etc.

B. — APPAREILS SPÉCIAUX.

1° Une **étuve** à évaporation et dessiccation dans le vide (voir 3e partie, chapitre I, § I).

2° Une **machine pneumatique** ou une bonne pompe à faire le vide, avec baromètre tronqué et plateau détaché. Nous avons fait

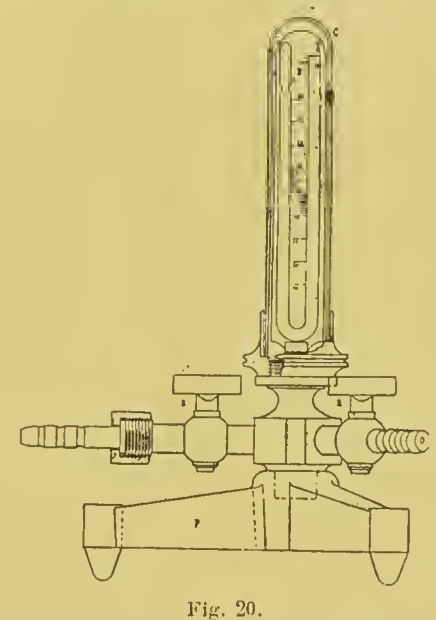


Fig. 20.

construire à Genève un baromètre à plusieurs voies (fig. 20) pouvant mesurer le vide dans plusieurs appareils.

3° Un **colorimètre Zune** (fig. 21).—Cet appareil, très simple et peu coûteux (60 francs sans et 85 francs avec le spectroscope), se compose principalement d'un tube cylindrique T, représenté en coupe figure 22, et divisé en deux compartiments égaux, A et B, par une mince cloison ou lame métallique *l* et ouvert aux deux bouts, mais pouvant être fermé hermétiquement en bas au moyen d'un disque en verre D posé sur un cercle F soudé à la partie supérieure d'un anneau E à pas de vis, permettant de serrer le disque D contre le rebord inférieur du tube T par l'intermédiaire d'un anneau en caoutchouc. Les deux compartiments A et B sont alors complètement isolés, mais ils peuvent communiquer avec le dehors par la partie supérieure sur laquelle on pose, pendant les

observations, un disque de verre mince finement dépoli sur l'une de ses faces (l'inférieure) et par les robinets R, R', surmontés de deux tubes G et H gradués en 1/2 millimètre et destinés à mesurer la hauteur exacte du liquide dans le compartiment correspondant, hauteur que l'on peut faire varier par le jeu des robinets, mais dont le maximum ne peut être supérieur à 100 millimètres.

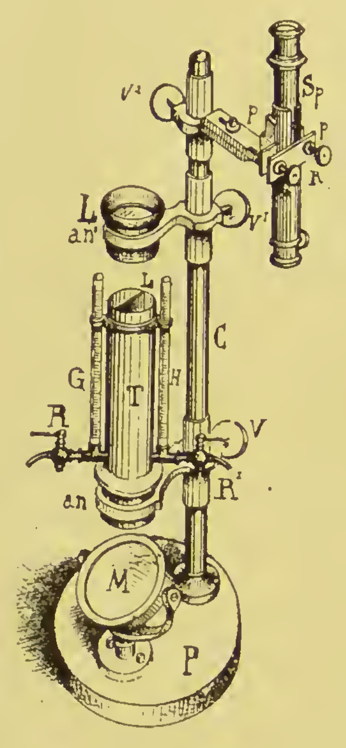


Fig. 21.

Un miroir plan M (fig. 21), à double face, l'une en verre argenté, l'autre en porcelaine blanche, est fixé à genouillère sur un pied lourd P, portant une tige cylindrique C, le long de laquelle peuvent glisser 2 anneaux *an*, *an*¹, et une pince *p* destinés, celle-ci, au petit spectroscope à vision directe *sp*, ceux-là, à une loupe sans foyer L et au tube T; des vis de pression V, V^1 et V^2 permettent de fixer ces différentes pièces à la hauteur voulue au-dessus du miroir.

Pour faire usage de l'instrument comme colorimètre, on introduit le tube T dans l'anneau *an*, que l'on descend à 2 ou 3 centimètres environ du miroir M, dont la face argentée, convenablement inclinée et éclairée par une bonne lumière blanche, doit

réfléchir également les rayons lumineux à travers les deux compartiments A et B; tout étant bien disposé sous le rapport de l'éclairage et les robinets R et R[1] étant fermés, c'est-à-dire dans la position indiquée par les figures 21 et 22, on remplit l'un des

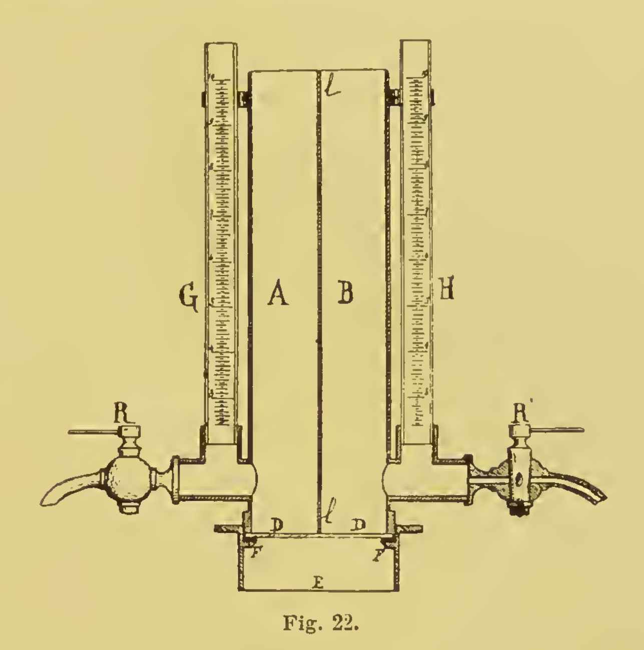


Fig. 22.

compartiments, toujours le même, A par exemple, avec le liquide à analyser, et l'autre, B, avec une solution colorée type servant de terme de comparaison ; on recouvre le tube T avec le disque en verre dépoli, on descend la loupe L presque contre ce disque et, *sans jamais toucher au miroir* pendant toute la durée de l'examen, on note l'aspect des deux demi-lunules dont la teinte est vue à travers la loupe. Si les teintes sont égales, l'opération est terminée, mais si elles sont distinctes, ce qui est généralement le cas, on ouvre le robinet correspondant à la teinte la plus foncée et on laisse couler le liquide jusqu'à égalité de teinte; on calcule, d'après la hauteur h de la colonne restante et les indications qui seront données chapitre III, §§ I et II, la quantité de substance à doser qui se trouve dans un volume déterminé du liquide introduit en A. Lorsque l'on veut employer l'instrument comme spectro-colorimètre, ou même simplement comme spectroscope simple ou différentiel, on place la loupe L dans la position qu'occupe le spectroscope dans la figure et on amène ce dernier, par une rotation convenable de la pince p, au-dessus du tube T (supposé vide),

où on le dispose de telle sorte que la fente soit divisée en deux parties égales par le bord de la lame l; dans ces conditions, le spectre est également divisé en deux parties égales (fig. 23) par l'image optique de la susdite lame. Si maintenant l'on introduit

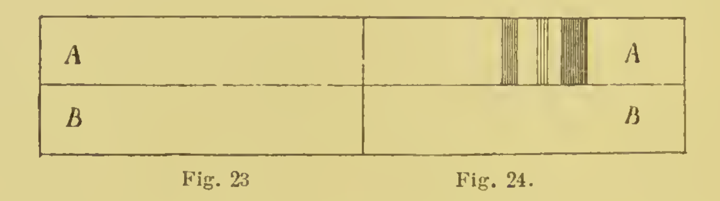


Fig. 23 Fig. 24.

un liquide actif dans le compartiment A par exemple, B restant vide, le spectre prendra l'aspect indiqué par la figure 24; celui que montre la figure 25 correspond à l'introduction dans le compartiment B d'un liquide de même nature que le premier, mais moins concentré : les bandes d'absorption qui n'occupaient que la moitié A du spectre (fig. 24) l'assombrissent entièrement, mais plus faiblement en B qu'en A; enfin la figure 26 correspond au



Fig. 25. Fig. 26.

cas où les compartiments A et B du tube T renferment des liquides actifs de composition différente.

Nous avons quelque peu insisté sur les usages de notre colorimètre, parce que cet instrument rendra de précieux services non seulement dans l'analyse des eaux potables où il peut être appliqué au dosage des acides nitreux et nitrique, de l'ammoniaque, du fer, du plomb, etc., et à la recherche des matières fécales, mais encore dans tous les cas, et ils sont nombreux, où les dosages ou les recherches sont basés sur des comparaisons d'intensités de teintes, la présence ou l'absence de spectres d'absorption, etc. Ajoutons que dans ce dernier cas l'usage du miroir blanc est tout indiqué.

4° **Spectroscope.**—Le spectroscope à vision directe, dont nous venons de parler, est tout à fait suffisant pour les recherches courantes; cependant si l'on peut se payer le luxe d'un appareil

horizontal complet, nous signalons tout particulièrement et même non sans quelque fierté le modèle que nous avons fait construire il y a environ deux ans par la *Société de construction d'instruments de physique à Genève.*

Cet instrument, qui est établi d'une manière absolument remarquable — ceci dit à l'adresse des constructeurs — peut servir à la fois comme spectroscope ordinaire et pour l'ultra-violet comme spectromètre, goniomètre de Babinet, réfractomètre simple ou réfractomètre différentiel (oléoréfractomètre ou butyroréfractomètre), instruments en lesquels il peut être transformé pour ainsi dire instantanément (on passe de l'un à l'autre en *moins de 5 minutes*, comme ont pu s'en convaincre les membres de la *Société Chimique* et de la *Société d'Encouragement* de Paris, des *Sociétés Chimiques* de Bruxelles et de Lille, ainsi que plusieurs savants auxquels nous l'avons montré depuis lors). En outre, son prix, 500 francs, n'est guère supérieur à celui d'un bon spectroscope ordinaire, d'un oléoréfractomètre, etc., tandis que celui des

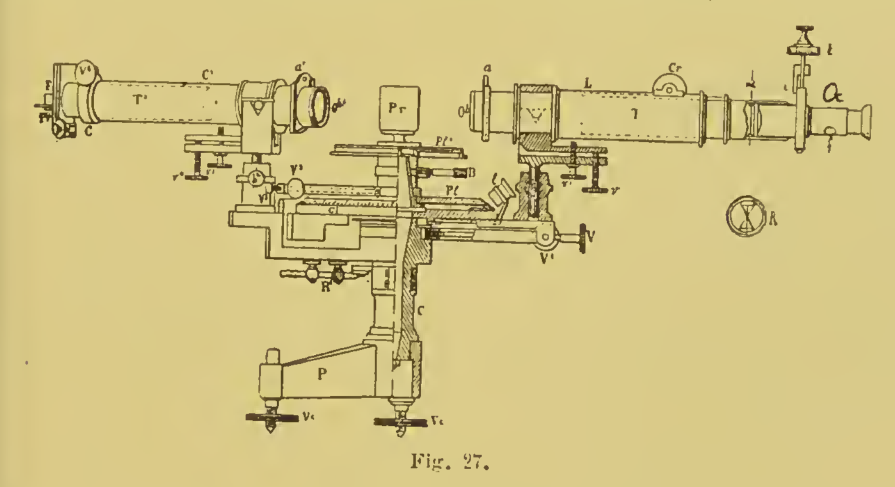


Fig. 27.

divers instruments qu'il peut remplacer n'est pas inférieur à 1,500 francs environ, somme à laquelle il faut ajouter 2 ou 300 francs au moins pour les tables, supports, lampes, brûleurs, robinets de canalisation, frais de port, d'entretien, etc., alors qu'il suffit pour notre appareil d'une seule table, d'une lampe, d'un support pour les tubes ou les flacons et d'un brûleur Bunsen, *que l'on trouve partout,* la hauteur de l'appareil ayant été calculée en conséquence et pour éviter tous frais inutiles.

Nous ne pouvons en donner ici une description, même som-

maire, mais on nous permettra de l'y représenter, avec ses principaux accessoires, par quelques figures, dont plusieurs sont encore inédites, savoir :

Figure 27, page 47. — Coupe verticale passant par l'axe des lunettes; la moitié gauche de la figure est une semi-perspective, tandis que la moitié droite montre tous les détails du mécanisme.

Figure 28. — Oculaire micromètre à réticule et tambour gradué donnant le 800e de degré; il est accompagné d'une pièce de

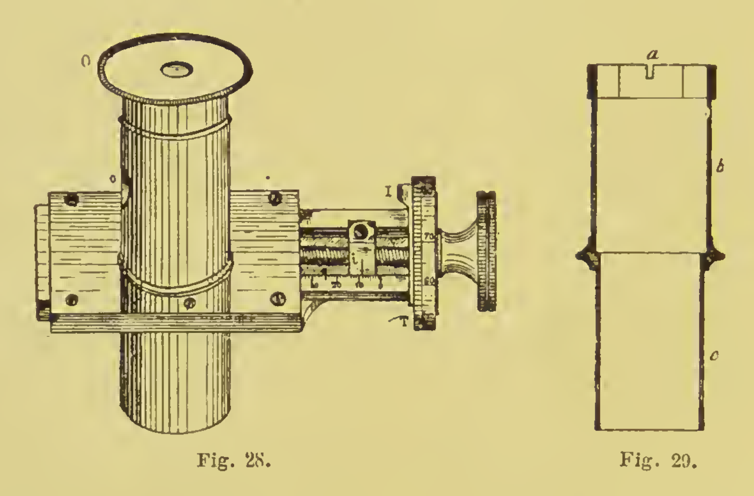


Fig. 28. Fig. 29.

raccord (fig. 29) permettant de l'utiliser pour les mesures micrométriques à faire au microscope, ce qui permet de réaliser, lorsqu'on s'occupe en même temps de microscopie, une nouvelle économie de 75 à 100 francs environ.

Figure 30. — Cuve prismatique pour la détermination des indices de réfraction simples ou différentiels (cuve de 60°) et des angles différentiels ou valeurs oléoréfractométriques (cuve de 89°5 environ).

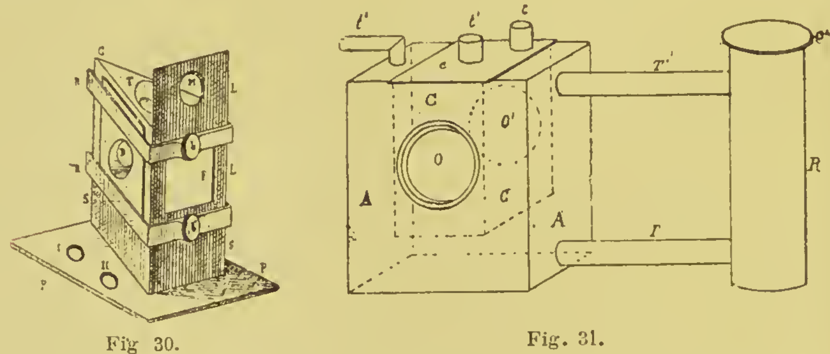


Fig 30. Fig. 31.

Figure 31. — Etuve à eau dans la cavité rectangulaire intérieure CC de laquelle on place les cuves (fig. 30) nécessaires aux

déterminations réfractométriques, qui peuvent ainsi être faites à toutes températures égales, inférieures ou supérieures à la température ambiante ; cette étuve se place sur le plateau P*l*′ (fig. 27) au lieu et place du prime P*r* et peut être chauffée au moyen d'une lampe quelconque placée sous le réservoir R.

Figure 32. — Support pour les flacons rectangulaires F que nous employons pour l'étude des spectres d'absorption ; ces flacons sont fixés dans une pince P munie d'un pivot tournant dans une courte tige creuse *p*, de telle sorte que les rayons lumineux peuvent traverser successivement des couches de liquide dont l'épaisseur peut varier de 1 à 4 centimètres suivant que le flacon est parallèle, oblique ou perpendiculaire à la fente; une cuve métallique à parois latérales fermées par des lames de verre et

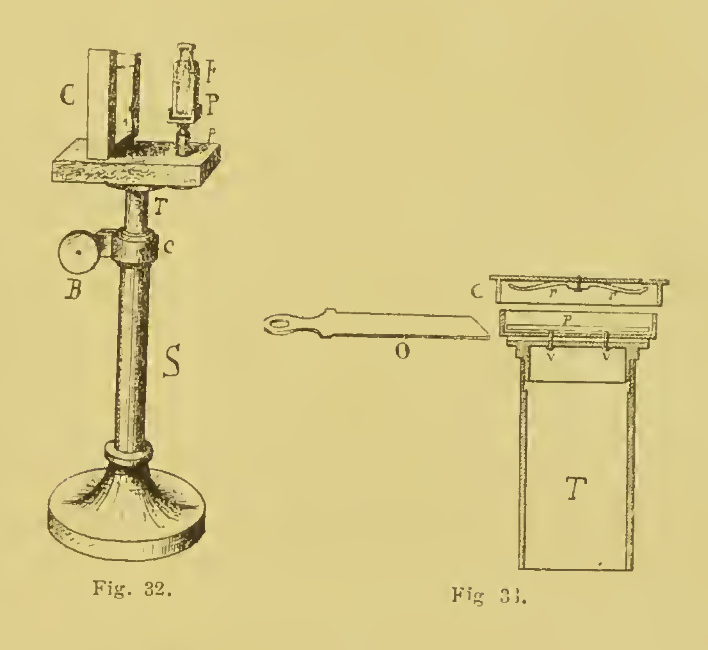


Fig. 32.   Fig. 33.

remplie avec une solution aqueuse saturée à froid d'alun potassique, est interposée entre le flacon et la source éclairante dont elle absorbe les rayons calorifiques.

Figure 33. — Cuvette photographique montée sur un tube de raccord T. On l'introduit dans la lunette L (fig. 27), au lieu et place de l'oculaire O*c*. La plaque sensible P repose sur 3 vis calantes *v* disposées en triangle et y est maintenue immobile par les ressorts *rr* fixés dans le couvercle C. Un obturateur O, glissant dans une coulisse *ad hoc*, ferme hermétiquement l'appareil.

§ II. — Réactifs.

Nous les diviserons en réactifs simples, solides ou liquides, et en réactifs composés, toujours liquides, c'est-à-dire sous forme de solutions aqueuses titrées.

Les premiers sont rarement préparés dans le laboratoire : on a plus d'intérêt à les acheter dans des maisons de premier ordre, mais il faut les vérifier avec le plus grand soin. L'eau *pure* doit cependant être préparée par l'analyste.

Les quantités ou volumes de réactifs ou de solutions à acheter ou à préparer varient nécessairement avec le nombre d'analyses que l'on peut avoir à effectuer journellement; il est donc extrêmement malaisé d'indiquer les dépenses à faire de ce chef, mais comme il est facile de se procurer assez rapidement la plupart des produits dont on peut avoir besoin, nous recommandons de limiter les acquisitions au strict nécessaire. Quant aux solutions titrées, il est préférable de ne préparer la plupart d'entre elles que par petites quantités : 500 à 1,000 cc. au plus, attendu qu'elles s'altèrent parfois très vite et presque toujours au bout de quelque temps. Enfin il ne faut pas perdre de vue que plus on prend de produits, plus il faut de vases et de place pour les mettre et d'argent pour les acheter.

Ceci dit, nous allons signaler et décrire ici tous les réactifs nécessaires pour une analyse chimique complète d'eau potable.

A. — RÉACTIFS SIMPLES

1° **Liquides.**—On achètera 1 kilogramme ou 1 litre de chacun des suivants : acides acétique cristallisable, azotique, chlorhydrique et sulfurique concentrés purs, alcool absolu, alcool à 90° C., ammoniaque caustique concentrée pure, éther sulfurique à 65°, 500 grammes acide sulfurique fumant, 250 grammes benzine cristallisable et 50 grammes acide nitrique fumant et phosphorique sirupeux. Eau *distillée* à volonté.

On *préparera :* de l'eau *pure* en redistillant celle de commerce après addition de 0.5 à 1 p.m. d'acide phosphorique sirupeux et de permanganate de potasse : quelques litres suffisent; des solu-

tions aqueuses d'hydrogène sulfuré, de sulfure d'ammonium, de sous-acétate de plomb ammoniacal, de chlorure de magnésie, sulfate de chaux.

2° **Solides.** — Tous doivent être achetés et dans un état de pureté aussi grand que possible. Voici les quantités moyennes :

2 à 5 grammes d'amidon, d'azotates d'ammoniaque et de calcium, azotite de potassium, brucine cristallisée, iodure de cadmium ou de zinc, métaphénylène diamine, orangé Poirrier, phénolphtaléine, sulfate d'ammoniaque, sulfure de sodium, tournesol (extrait de).

10 grammes d'acétate de cuivre, acide phénique cristallisé, azotate de potasse, bioxyde de plomb puce, chaux caustique du marbre, chlorures ferrique, mercurique, platinique, zincique, chromate potassique, curcuma, ferri et ferrocyanure de potasse, permanganate de potasse cristallisé en aiguilles, sulfocyanure de potassium, urée pure.

25 à 30 grammes acide pyrogallique, azotate d'argent cristallisé, azotate d'urée, bicarbonate de soude, chlorure de calcium, iodure de potassium, magnésie blanche, oxalate d'ammoniaque, phosphate ammoniaco-sodique, sulfate d'alumine, sulfate ferroso-ammonique, sulfure de fer, verre filé, zinc grenaillé absolument exempt d'arsenic.

50 grammes acide oxalique anhydre (sublimé), chlorure de barium, protochlorure de fer, chlorure de sodium, litharge, pierre-ponce en morceaux de la grosseur d'un bon pois, solution concentrée de silicate de potasse ou de soude.

100 grammes acétate de plomb neutre, coton hydrophile à longue soie, savon amygdalin.

250 grammes chlorure d'ammonium, marbre blanc, mercure métallique redistillé, soude caustique du sodium.

500 à 1,000 grammes acide phosphorique anhydre et soude caustique à l'alcool ou à la chaux, mais alors très épurée.

Du sable blanc pour bain de sable, 2 ou 3 mains de papier à filtrer blanc rapide, 3 paquets de 100 filtres ronds en papier Berzélius suédois, ne laissant pas de cendres à la calcination, c'est-à-dire lavés à l'HCl et à l'HFl, du diamètre de 50, 70 et 90 millimètres.

B. — RÉACTIFS COMPOSÉS

Plusieurs servant en même temps pour les recherches et les dosages. nous les grouperons d'après la nature ou l'espèce des principaux éléments, savoir : l'azote sous toutes ses formes, les matières organiques totales, les acides, les bases, les sels et les gaz.

Le volume indiqué est généralement l'unité de mesure, *soit 1.000 cc. mesurés à 15° C.*, mais il va sans dire, répétons-le, que l'on peut en préparer plus ou moins suivant les circonstances.

a. — AZOTE NITREUX

1° **Acide sulfurique dilué.** — Si l'on peut se procurer de l'acide sulfurique chimiquement pur et surtout absolument exempt d'acides nitreux et nitrique, il suffit d'en verser doucement et en un petit filet 50 cc. dans un ballon en verre mince, contenant un égal volume d'eau pure, de laisser refroidir à l'abri de l'air et de conserver en flacon bouché à l'émeri. Mais comme il est rare que l'acide dit " chimiquement pur „ du commerce ne contienne pas de composés nitreux (1), on doit l'étendre de 2 à 3 fois son volume d'eau distillée et chauffer le mélange au bain de sable, dans un ballon en verre mince placé sous une bonne cheminée, jusque apparition de vapeurs blanches abondantes. On purifie ainsi une centaine de grammes dudit acide dont la moitié est étendue de son volume d'eau *pure* comme ci-dessus et dont la seconde moitié est conservée avec le plus grand soin, à l'abri de l'humidité et des poussières de l'air, pour la recherche de l'acide nitrique et la réaction de l'indol.

Additionné de 90 à 100 fois son volume d'eau pure, l'acide dilué ainsi préparé ne doit pas bleuir par l'iodure de zinc amidonné, même après un contact de 50 à 60 minutes dans la lumière diffuse (sous l'action directe des rayons solaires, la réaction se produit toujours au bout de quelques minutes, quelle que soit la pureté des produits).

2° **Solution titrée de nitrite alcalin.**—On a recommandé

(1) Il nous a été absolument impossible de nous en procurer *nulle part.*

de faire usage, pour la préparer, de nitrite d'argent, produit que l'on se procure, dit-on, très facilement pur dans le commerce. Il est très regrettable que les auteurs auxquels nous faisons allusion n'aient pas cru devoir indiquer l'adresse de leur fournisseur, car il nous a été impossible d'en obtenir nulle part. En attendant ce renseignement... sous l'orme presque à coup sûr, nous avons recours au nitrite de potasse du commerce.

Si ce sel était pur, 0gr224 (1) correspondraient à 100 milligrammes Az^2O^3, mais comme ce n'est jamais le cas, il faut en prendre de 0gr3 à 0gr4, que l'on fait dissoudre dans 1100 cc. environ d'eau distillée, solution dont on détermine le titre au moyen d'une liqueur récemment titrée de permanganate de potasse *pur*, contenant 0gr3158 du dit sel par litre (p. 63) et correspondant par conséquent à 0gr19 Az^2O^3. On procède à cette opération de la manière suivante :

25 cc. de la dissolution de nitrite sont introduits dans un flacon d'une capacité d'environ 50 à 60 cc., et y additionnés de 1/4 de cc. acide sulfurique dilué (1°); on ferme immédiatement avec un bouchon en caoutchouc à un trou, dans lequel on a fixé un tube d'absorption (fig. 37) contenant 1 cc. de soude N/10 et 3 ou 4 cc. d'eau pure ; on agite, on laisse en repos pendant quelques instants, puis on enlève le bouchon, on introduit dans le flacon le contenu du tube d'absorption, puis on y laisse couler, centimètre cube par centimètre cube et en agitant après chaque

(1) Le poids des sels, acides ou oxydes entrant dans la préparation des liqueurs titrées, étant basé sur la connaissance des poids atomiques ou des équivalents des corps simples, et les auteurs n'étant pas toujours d'accord sur ces valeurs, nous indiquons ici, pour éviter toute confusion, celles des dits corps dont nous aurons à nous occuper au cours du présent travail. Nous les empruntons à l'*Agenda du Chimiste*, pour 1893, page 142, table 127, dernière colonne ; elles sont, à peu de chose près, identiques à celles que Frésénius indique dans la dernière édition de son *Traité d'analyse quantitative*. Lorsque l'équivalent diffère du poids atomique, nous le plaçons entre crochets à droite de celui-ci.

Argent	107.7		Chlore	35 4		Manganᵉ	54.8	(27.4)	Sicilium	28	(14)
Azote	14 0		Cuivre	63 3	(31 65)	Oxygène	16	(8)	Sodium	23	
Barium	137.0	(68.5)	Fer	55 9	(28)	Phosphᵉ	31		Soufre	32	(16)
Calcium	40	(20)	Hydrogᵉ	1		Plomb	206.4	(103 2)	Zinc	65	(32 5)
Carbone	12	(6)	Magnésᵐ	24	(12)	Potassium	39.1				

addition, la liqueur de caméléon contenue dans une burette de Mohr (fig. 7, p. 37), jusque coloration rouge faible persistante. On note le volume de permanganate nécessaire pour atteindre ce résultat, soit x, puis on recommence un second dosage identique au premier, mais avec cette différence que l'on ajoute en une fois $x - 1$ cc. permanganate; on ferme le flacon et on agite doucement jusqu'à ce que la décoloration soit complète, ce qui exige parfois quelques minutes, on ouvre et on ajoute du permanganate, goutte à goutte, en agitant continuellement, jusque légère coloration rouge faible, persistant pendant au moins quelques instants. Supposons qu'il faille, pour atteindre ce résultat, 14 cc. caméléon : la solution de nitrite correspond par conséquent à 107^{mgrs}16 Az^2O^3 par litre, au lieu de 100. On calculera comme suit la quantité d'eau à ajouter à x cc. de la solution, pour la ramener au titre exact :

$$107.16 : 100 : : 1000 : x, \text{ d'où } x = 933 \text{ cc. } 2;$$

On remplit donc un ballon jaugé d'un litre avec la solution, on enlève 66^{cc}8 de celle-ci et on les remplace par un égal volume d'eau pure, on agite et on conserve pour l'usage dans un flacon en verre jaune bien lavé à l'eau pure.

3° **Empois iodo-cadmique** ou modification Bœttger du réactif classique de Tromsdorff. — Voici comment on peut, d'après M. le Dr Van Melckebeke, chimiste à Anvers, préparer ce réactif dans les meilleures conditions de sensibilité et de conservation. (Communication personnelle.)

On délaie 1 gramme d'amidon dans environ 200 cc. d'eau pure, on ajoute 1 cc. HCl et on fait bouillir pendant *une* minute; on neutralise par du carbonate de chaux pur, on ajoute 10 gr. chlorure sodique et 0^{gr}5 iodure de cadmium, on laisse refroidir, on complète le volume à 250 cc., par addition d'eau pure, on filtre et on conserve pour l'usage.

4° **Réactif de Greiss.** — Est employé concurremment avec le précédent et comme moyen de contrôle. On le prépare en dissolvant 0^{gr}5 métaphénylène diamine pure et incolore, dans 50 cc. d'eau pure additionnés de 1/2 cc. HCl ou SO^3 purs; on conserve en flacon jaune. La solution se colore à la longue, mais il suffit de la traiter par un grand excès de charbon animal pur pour la décolorer.

b. — AZOTE NITRIQUE

5° **Solution de brucine.** — On fait dissoudre à chaud 1 gramme de brucine dans 1000 cc. d'eau pure; on laisse refroidir et on conserve en flacons ordinaires.

6° **Azotate potassique titré.** — On dissout 0gr936 du dit sel cristallisé pur, dans suffisante quantité d'eau pure pour faire 100 cc. On ajoute à 10 cc. de cette solution (que l'on conserve pour l'usage), 990 cc. d'eau pure; on obtient ainsi une liqueur titrée contenant 50 milligrammes $Az^2 O^5$ par litre.

c. — AZOTE AMMONIACAL

7° **Réactif Nessler.** — On fait dissoudre à chaud dans 200 cc. d'eau contenus dans un ballon de verre de 300 cc., 10 grammes iodure de potassium et 3 grammes bichlorure de mercure. Lorsque la dissolution est complète, on laisse refroidir et on ajoute goutte à goutte une solution saturée froide de sel mercurique, jusqu'à ce que le précipité rouge ne se dissolve plus par agitation. On met de côté, pendant 24 heures, on filtre, on ajoute 35 grammes soude caustique pure (du sodium) dissous dans 70 à 80 cc. d'eau pure, on mélange, puis on ajoute de nouveau quelques cc. de solution mercurique (4 ou 5), on agite, on ferme et on met de côté, dans l'obscurité, pendant 3 ou 4 jours au moins, après quoi on filtre sur un tampon de soie de verre. Si l'on a bien suivi ces indications, le liquide est incolore ou à peine très légèrement jaunâtre. On le conserve en flacon jaune, fermé par un bouchon en caoutchouc traversé par un tube pipette, dont l'extrémité libre est obturée par une petite bourre de coton et dont l'extrémité opposée porte un trait de jauge limitant un volume de 1/2 cc.

1 cc. de réactif Nessler, ajouté à 25-30 cc. d'eau pure, c'est-à-dire exempte d'ammoniaque, ne doit pas la colorer, même au bout de plusieurs heures.

8° **Solution ammonique titrée.**— On dissout 0gr314 AzH^4Cl pur et sec, dans 500 cc. d'eau pure; cette solution mère contient 100 milligrammes AzH^3. Pour l'usage on en prend 10 cc.

que l'on étend à un litre par addition d'eau pure, de manière à obtenir une solution contenant 0mgr2 par litre : c'est la seule que l'on puisse utiliser pour les dosages colorimétriques. Le chlorure d'ammonium doit être complètement volatil et 50 cc. de la solution mère doivent précipiter exactement par 5cc9. azotate argentique déci-normal.

9° **Acide sulfurique déci-normal.** — On le prépare en ajoutant 900 cc. d'eau distillée à 100 cc. d'acide normal ci-après.

10° **Acide sulfurique normal.** — On verse avec précaution 45 à 46 grammes acide sulfurique monohydraté pur, dans environ 1100 cc. d'eau distillée contenus dans un ballon en verre de Bohême, on laisse refroidir à la température ordinaire, on mélange bien puis on plonge le ballon dans l'eau froide, ou tiède suivant les cas, de manière à amener le liquide à 15° C. Désignons-le par la lettre A.

On dissout d'autre part 20 grammes chlorure barytique cristallisé pur, dans 175 à 180 cc. environ d'eau distillée, on ajoute 10 cc. HCl pur et on laisse refroidir. Nous désignerons cette solution par la lettre B.

50 cc. de A sont introduits dans une capsule en platine tarée avec son couvercle, chauffés au bain de sable jusque vers 95-96° C., puis additionnés, en remuant continuellement, de 55 à 60 cc., c'est-à-dire d'un léger excès de B. On éteint le feu, on couvre et on laisse en repos pendant au moins 4 à 6 heures, puis on décante dans un petit entonnoir de 4 centimètres de diamètre, dont la douille est obturée par une bourre de coton humectée d'eau distillée et assez serrée.

Le liquide filtré est recueilli dans un tube d'essai contenant 1 cc. de B : aucun trouble ne doit se produire, même au bout d'une heure, sinon il faudrait recommencer l'opération en prenant un volume de B supérieur à celui indiqué ci-dessus.

Lorsque tout le liquide de la capsule a été versé dans l'entonnoir, on traite le précipité par 10 cc. environ d'eau bouillante additionnée de 1/2 cc. HCl, on mêle avec soin au moyen de l'agitateur dont on s'est servi la première fois, on laisse refroidir, on décante dans l'entonnoir, puis on répète une seconde et même une troisième fois le lavage et, dans tous les cas, jusqu'à ce que le liquide filtré soit complètement volatil. Pendant toutes ces

manipulations, une partie du précipité a passé dans l'entonnoir, mais la plus grosse portion doit toujours se trouver dans la capsule; celle-ci est chauffée à l'étuve, doucement d'abord, plus fortement ensuite, jusqu'à dessiccation complète.

D'autre part, on retire, avec une pince fine, la petite bourre de coton de l'entonnoir, on la pose sur le couvercle de la capsule, puis, au moyen d'une seconde bourre trempée dans l'alcool et tenue avec une pince, on lave doucement mais complètement l'entonnoir et on reçoit le liquide trouble dans le couvercle; on lave de même l'agitateur puis on place la seconde bourre dans le couvercle, on évapore l'alcool dans l'étuve à air, on sèche et on calcine à une douce chaleur, de manière à brûler entièrement le coton sans réduire le sulfate. Du reste, et pour plus de sûreté, il est recommandé de traiter le résidu par deux ou trois gouttes d'acide azotique nitreux, d'évaporer doucement sous la cheminée, sécher et calciner. On place alors le couvercle sur la capsule, on chauffe au rouge sombre pendant quelques instants, on fait refroidir dans l'exsiccateur et on pèse.

Le poids du précipité, multiplié par 40 puis par 0gr343348, donne le poids exact de l'acide sulfurique anhydre (SO^3) contenu dans 1000 cc. du liquide A. Supposons le égal à 41gr625. On remplit de liquide A, un ballon jaugé de 1000 cc. préalablement rincé avec 20 à 25 cc. de ce même liquide et on calcule comme suit le volume à retirer et à remplacer par de l'eau distillée, soit $1000 - \left(\frac{40 \times 1000}{41.625}\right)$ ou $1000 - 960.9 = 39^{cc}1$; on mélange bien l'eau et l'acide et on conserve dans un flacon en verre blanc, lavé à l'eau puis rincé avec 20-25 cc. de l'acide titré normal.

Les détails qui précèdent ne sont point superflus, la préparation de l'acide sulfurique normal étant d'une importance capitale pour nous qui employons cet acide au titrage direct des solutions alcalines normales et déci-normales, et au titrage indirect des autres acides; ils nous permettront du reste d'être beaucoup plus concis dans la description du *modus faciendi* relatif aux autres liqueurs titrées.

11° **Soude normale** — On introduit 45 à 46 grammes soude du sodium dans un ballon de 1100 cc. contenant environ 1000 cc. d'eau distillée récemment bouillie et refroidie à l'abri

de l'CO^2 de l'air, on ferme avec un bouchon en caoutchouc et on fait dissoudre en agitant de temps à autre; on laisse refroidir, on ajoute encore 50 à 60 cc. de la même eau, on agite fortement et à plusieurs reprises, et on porte à 15° C. 10 cc. de cette solution sont alors introduits dans un petit gobelet en verre posé sur une surface blanche devant une fenêtre bien éclairée, additionnés d'*une* goutte de solution alcoolique mi-saturée de phénolphtaléine puis titrés par l'acide sulfurique normal que l'on verse d'une burette de Mohr jusqu'à disparition de la teinte rouge : la réaction est très nette et on ne peut plus sensible. On recommence un second et au besoin un troisième dosage en s'aidant des indications du premier, on note le volume exact d'SO^3 employé chaque fois, lequel volume doit être toujours le même ou différer tout au plus d'un demi dixième de cc , puis on détermine le titre exact de la liqueur sodique ainsi que le degré de dilution nécessaire pour l'amener à accuser exactement 40 grammes NaOH par litre.

Remarque importante. — Le titre de la solution alcaline ne sera absolument exact que pour autant qu'elle soit entièrement privée de carbonate, la phénolphtaléine n'indiquant que la moitié de l'CO^2 combiné qui peut se trouver dans la solution; or, comme il est presque impossible d'obtenir de la soude pure, c'est-à-dire non carbonatée, et qu'il est extrêmement difficile, malgré toutes les précautions prises, de la conserver pendant quelque temps sans qu'elle absorbe des traces sensibles d'CO^2, on devra ou bien la faire bouillir chaque fois, comme avec le tournesol, ce qui est très ennuyeux, ou bien vérifier le titre de temps en temps et opérer toujours, pour les titrages ultérieurs, de la même manière que pour fixer le titre.

On a imaginé divers appareils pour conserver les solutions alcalines titrées; il en est d'excellents, mais la plupart ne peuvent guère être employés que dans les grands laboratoires où chaque liqueur a sa burette spéciale et un support particulier; ils exigent donc beaucoup de place et coûtent très chers.

Le suivant rend les mêmes services et ne présente aucun de ces inconvénients.

C'est, comme on le voit figure 34, un simple flacon ordinaire quelconque, fermé par un bouchon en caoutchouc à deux trous

portant deux tubes S et *t* coudés deux fois à angle droit et dont l'extrémité libre communique d'une part avec un tube en caoutchouc muni d'une pince de Mohr P et d'une pointe en verre effilée *p*, d'autre part avec un tube en U dont les branches A et B sont remplies de fragments de pierre ponce imbibés d'une solution de soude caustique concentrée. Lorsque le flacon est rempli et fermé, on ouvre la pince P, on souffle doucement par *t'* et on

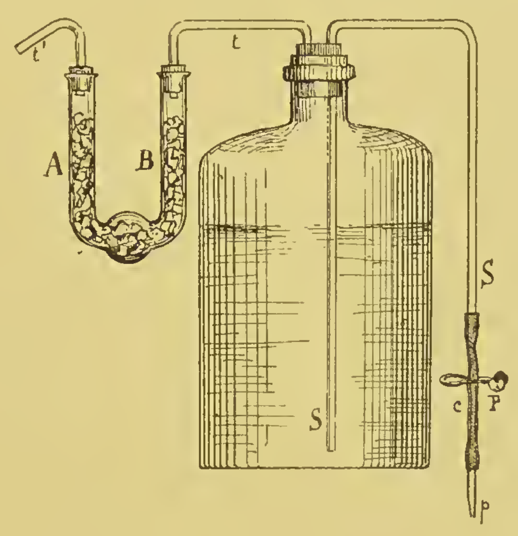


Fig. 34.

fait sortir un peu de liquide en *p*, puis on ferme P; le siphon SS une fois amorcé, fonctionne jusqu'à ce que le flacon soit vide. Il est seulement nécessaire, si l'on n'ouvre pas souvent la pince P, d'essuyer de temps à autre *p* et de laisser perdre un peu de liquide avant de recueillir celui dont on a besoin.

Il est recommandé de poser le flacon sur une planche en dessous de laquelle on mettra les burettes, dont le remplissage est ainsi plus commode.

12° **Solution alcaline déci-normale.** — Se prépare au moyen de la précédente dont on étend 100 cc. à un litre par addition d'eau distillée privée de CO^2.

13° **Solution de carbonate sodique alcaline.** — Soude caustique 10 grammes; carbonate de soude pur 20 grammes; eau distillée 100 cc. Faire dissoudre.

d. — AZOTE ALBUMINOIDE

14° **Solution de permanganate alcalin.** — On dissout 40 grammes soude du sodium et 2 grammes permanganate de potasse dans environ 300 cc. d'eau pure, on chauffe à l'ébullition pendant 10 minutes puis on verse la liqueur encore chaude dans un ballon de 250 cc., on laisse refroidir et on porte au volume indiqué par addition d'eau pure. La solution est conservée dans un flacon en verre jaune, fermant à l'émeri; le bouchon doit être vaseliné avec soin et déplacé de temps en temps pour l'empêcher d'adhérer au goulot.

e. — ACIDES CARBONIQUE, PHOSPHORIQUE ET SULFURIQUE

15° **Liqueur barytique sodée.** — Voir chapitre V, § III, *c.*

16° **Mixture magnésienne.** — On calcine au rouge vif 15 à 20 gr. de magnésie blanche, on laisse refroidir dans l'exsiccateur, on pèse 7^{gr}5 du produit ainsi obtenu et on les délaie dans 200 à 250 cc. d'eau distillée: on ajoute par petites portions à la fois environ 70 cc. HCl concentré pur, on fait dissoudre à une douce chaleur et en agitant fréquemment, puis on ajoute 150 grammes chlorure d'ammonium dissous dans 200 à 250 cc. d'eau distillée. On verse le tout dans un ballon d'un litre. on ajoute 250 à 300 cc. AzH^3 concentrée pure (22° B^r) puis assez d'eau pour remplir le ballon, après quoi on mêle et on met de côté pendant 8 jours. Le liquide est alors décanté dans un entonnoir obturé par une bourre de verre filé et posé dans le goulot d'un flacon d'un litre que l'on ferme, aussitôt rempli, au moyen d'un bouchon en caoutchouc.

En tenant compte des légères impuretés de la magnésie et du précipité qui se forme par le repos, on peut admettre que 1 cc. de cette solution précipite 25 milligrammes d'acide phosphorique anhydre.

17° **Chlorure barytique acide titré.** — On dissout 13 grammes du dit sel cristallisé pur dans 7 à 800 cc. d'eau distillée, on ajoute 50 cc. HCl concentré, puis suffisante quantité d'eau pour faire un litre à 15° C. 1 cc. de cette solution précipite exactement 5 milligrammes SO^3 anhydre.

18° **Acide sulfurique N/S.** — 125 cc. acide normal sont

additionnés de suffisante quantité d'eau distillée pour faire 1000 cc. à 15° C. 1 cc. de cette solution précipite exactement son volume de la liqueur précédente.

f. — CHLORE

19° **Azotate d'argent déci-normal** — On dissout 19 à 20 gr. de sel cristallisé pur et sec dans environ 1000 cc. d'eau et l'on amène la solution bien mélangée à 15° C. Nommons-la A.

On dissout d'autre part 5gr84 chlorure sodique *pur* et *sec* dans suffisante quantité d'eau distillée pour faire un litre à 15° C. Désignons cette solution par la lettre B.

Enfin on prépare quelques centimètres cubes d'une solution aqueuse (C) de chromate neutre de potassium.

On prend 25 cc. de B et on les introduit dans un gobelet en verre posé sur une surface blanche éclairée par un bec de gaz (on doit opérer le soir ou bien dans un cabinet noir), on y ajoute 2 à 3 gouttes de C puis on y laisse couler, au moyen d'une burette de Mohr, d'abord 15 cc. de A en une fois puis, et en agitant après chaque addition, centimètre cube par centimètre cube, jusqu'à coloration rouge brun produite par formation de chromate d'argent après précipitation complète du chlore. On note le nombre de centimètres cubes employés pour atteindre ce résultat, soit x, on mesure *exactement* 50 cc. de A toujours maintenu à 15° C., on les introduit dans une capsule en platine tarée avec son couvercle, on chauffe doucement à l'étuve ou au bain de sable jusque vers 80-90° C., on éteint le feu, on ajoute 1 cc. acide azotique pur, puis, et en remuant continuellement au moyen d'une mince baguette de verre, $2x$ cc. de B, on couvre entièrement, on laisse en repos jusque refroidissement et dans tous les cas jusque précipitation aussi complète que possible du précipité au fond de la capsule, on décante dans un petit entonnoir comme il a été dit page 56 et en appuyant le bec de la capsule contre l'agitateur légèrement vaseliné, on lave avec de l'eau distillée chaude et acidifiée par l'acide azotique, on laisse refroidir, on décante de nouveau et aussi complètement que possible c'est-à-dire en martelant le précipité avec l'agitateur pour en chasser le liquide dont il reste toujours fortement imprégné. Cette petite manipulation, combinée avec l'em-

ploi d'un très petit excès seulement de chlorure sodique pour la précipitation, rend le lavage extrêmement rapide : 15 à 20 cc d'eau distillée employée en deux fois, suffisent généralement pour enlever toute trace de chlorure sodique.

On procède à la dessiccation et à l'enlèvement du précipité passé dans l'entonnoir absolument comme pour le dosage de l'SO^3 (page 57), avec cette seule différence que l'on emploie l'ammoniaque au lieu de l'alcool pour le lavage de l'entonnoir et de l'agitateur, l'alcali volatil dissolvant aisément jusqu'aux moindres traces de précipité argentique retenues par le coton ou adhérentes au verre. La solution ammoniacale est recueillie dans le couvercle de la capsule et évaporée très doucement sous la cheminée; on sèche dans l'étuve à air, on chauffe la capsule et le couvercle isolément sur une petite flamme jusque commencement de fusion, on laisse refroidir dans l'exsiccateur et l'on pèse. Du poids trouvé, multiplié par 20 puis par 0.7526, on déduit la quantité d'argent métallique contenue dans 1000 cc. de A, soit, par exemple, 11^{gr}093. Le poids atomique de l'argent étant 107.7 ou 10^{gr}77 pour un litre de solution déci-normale, il suffit de procéder de la manière indiquée page 57 pour connaître le degré de dilution à employer pour amener A au titre exact, soit, dans le cas actuel, 29^{cc}1 d'eau distillée à ajouter à 970 9 solution A pour faire un titre de liqueur argentique dont 1 cc. précipite 0^{gr}00354 Cl et 0^{gr}00584 NaCl.

Il reste maintenant à enlever le chlorure d'argent partiellement fondu, de la capsule et du couvercle. On y parvient aisément en les remplissant d'acide sulfurique très dilué, y ajoutant quelques fragments de zinc et laissant réagir pendant une heure ou deux sous la cheminée ou en plein air; on jette le liquide, on lave, on traite à chaud par l'acide azotique mi-concentré, on verse la solution dans un vase quelconque où l'on recueille tous les résidus argentiques jusqu'à ce qu'on en ait assez pour les transformer en argent métallique.

20° **Solution déci-normale de chlorure sodique.** — On la prépare au moyen du nitrate d'argent N/10 ci-dessus; le titrage se fait volumétriquement en présence de chromate potassique comme indicateur. 1 cc. précipite 0^{gr}001077 Ag.

De même que Ag N/10 sert à la préparation de la solution

sodique, de même celle-ci peut-être employée lorsqu'il s'agit de renouveler celle-là. On évite ainsi le dosage pondéral, toujours délicat et long, du chlorure d'argent.

g. — MATIÈRES ORGANIQUES

21° **Solution centime d'acide oxalique.** — On dissout 63 grammes acide oxalique cristallisé, ou, et beaucoup mieux encore, 45 grammes acide anhydre sublimé dans suffisante quantité d'eau distillée pour faire 1000 cc. à 15° C. Comme on n'est jamais absolument certain de la pureté du produit, même en le préparant chez soi, on doit vérifier le titre de la liqueur soit en précipitant 10 cc. par le chlorure de calcium, soit en neutralisant par la soude caustique N/1 à froid et en présence de phénolphtaléine.

10 cc. de liqueur oxalique N ci-dessus étendus de 990 cc. eau *pure* donnent la solution centime, que l'on ne doit préparer qu'au moment du besoin ou tout au plus 5 ou 6 jours avant.

22° **Solution centime de caméléon.** — On dissout 3gr2 à 3gr3 permanganate potassique pur dans 100 cc. d'eau pure, on mélange bien et on conserve dans un flacon en verre jaune fermé à l'émeri et lavé avec le plus grand soin.

Au moment des dosages, on prend 10 cc. de cette solution et on les étend à 100 cc. par addition d'eau, on agite et on fixe le titre comme suit.

10 cc. de la solution oxalique N/100 sont introduits dans une petite fiole d'Erlenmayer, y additionnés de 1 cc. $SO^3/2$ et chauffés au bain de sable vers 60° C.; on place alors la fiole sur une surface blanche bien éclairée et on y laisse couler centimètre cube par centimètre cube du permanganate jusque coloration rose permanente. On note le volume nécessaire pour atteindre ce résultat, soit x cc., on recommence un deuxième titrage en ajoutant en une seule fois $x-1$ cc., agitant jusque décoloration puis laissant couler le permanganate goutte à goutte jusque coloration rose. Soit 9cc4 ou 94 cc. au lieu de 100. Il suffira donc d'ajouter 6 cc. d'eau à 94 cc. permanganate pour obtenir 100 cc. de solution N/100, correspondant exactement à 100 cc. acide oxalique de même dilution et contenant, par conséquent, 3gr158 permanganate de potasse par litre.

h. — OXYDE DE CALCIUM ET CARBONATES ALCALINO-TERREUX

23° **Solution titrée d'oxalate d'ammoniaque.** — 20 cc. d'acide oxalique normal sont additionnés de 3 cc. environ d'AzH^3 concentrée pure, puis d'eau distillée en quantité suffisante pour faire 1000 cc. à 15° C. Un centimètre cube de cette liqueur décolore exactement 2 cc. permanganate N/100 et correspond à 0gr0056 CaO.

24° **Acide chlorhydrique** N/10. — On dilue à 1000 cc. par addition d'eau distillée, 100 cc. acide normal préparé au moyen de 100 cc. HCl pur (D = 1.21) étendu de 1000 cc. d'eau; on fixe le titre exact au moyen de soude normale et on contrôle au besoin par un titrage argentique (p. 62).

i. — OXYGÈNE

25° **Solution ferroso-ammonique.** — On fait bouillir dans un ballon de jaugé 100 cc., 85 à 90 cc. d'eau distillée acidifiée par 1 cc. $SO^3/_2$, puis on y fait dissoudre 4gr903 sulfate double de fer et d'AzH^3 cristallisé pur et sec, on complète à 100 cc. par addition d'eau distillée, on agite, on ferme et on met de côté. Nous désignons cette solution par la lettre A.

26° **Solution permanganique.** — On dissout 3gr948 permanganate pur dans suffisante quantité d'eau distillée pour faire 100 cc. et on conserve pour l'usage. 2 cc. de cette solution additionnés de 98 cc. d'eau donnent 100 cc. de solution B, c'est-à-dire un volume suffisant pour une et même deux analyses. Pour le transport, on l'introduit dans un flacon en verre jaune fermant à l'émeri.

Lorsque les sels sont purs et les liquides mesurés exactement, la solution A doit décolorer cinq fois son volume de B, ce dont on s'assure en versant 5 cc. de A dans un gobelet en verre posé sur un morceau de papier blanc bien éclairé, y ajoutant 2 cc. $SO^3/_2$, puis de la solution B jusque coloration rose ou rouge clair persistante. On ramène, s'il y a lieu, au titre exact par dilution ou concentration convenable de A, de telle sorte que 1 cc. corresponde à 5 cc. B et par suite à un milligramme d'oxygène.

Remarques. — *a)* La solution concentrée du sel de fer peut se

conserver pendant quelque temps, sans altération sensible, dans un flacon jaune fermé à l'émeri.

b) Nous avons supposé jusqu'ici que le sel ferreux était pur. Dans le cas contraire, on détermine son titre soit en dosant directement le fer par précipitation ou calcination, soit indirectement par la solution permanganique dont on fixe le titre par l'acide oxalique N/100. Il suffit d'inscrire les résultats sur le flacon dans lequel on conserve le sel de fer à l'état solide pour éviter à l'avenir tout nouveau titrage.

27° **Soude caustique.** — On dissout 25 grammes soude du sodium dans suffisante quantité d'eau distillée pour faire 100 cc. et on conserve dans un flacon fermé au caoutchouc.

———

CHAPITRE II

OPÉRATIONS PRÉLIMINAIRES

§ Ier. — Prélèvement, transport, etc., des échantillons.

Les résultats de l'analyse d'une eau donnée et la valeur du jugement auquel ils servent de base tant au point de vue hygiénique qu'à tout autre : industriel, scientifique, etc., étant pour une bonne part sous la dépendance des règles auxquelles doit être soumise la prise d'échantillon, nous estimons nécessaire d'entrer dans quelques détails au sujet des précautions à prendre pour que le liquide soumis à l'examen présente aussi exactement que faire se peut tous les caractères et la composition de la masse dans laquelle il a été puisé.

1° **Vases à employer.** — L'eau doit être recueillie dans des flacons en verre blanc, neufs et, si possible, fermés à l'émeri; cependant on peut fort bien, à défaut de semblables vases toujours assez coûteux et parfois difficiles à se procurer, faire usage de bouteilles en verre blanc, neuves, et fermées avec un bouchon en liège fin, souple, élastique, non rugueux, ni fissuré ou crevassé.

2° **Contenance des flacons.** — Dans la première édition de cet ouvrage, nous recommandions spécialement, en raison surtout de la facilité avec laquelle on peut se les procurer partout, les bouteilles ou les flacons *d'un litre*. C'est encore ceux ou celles que nous employons de préférence lorsqu'il s'agit d'analyses hygiéniques rapides, lesquelles peuvent être aisément conduites à bonne fin avec un semblable volume d'eau. Mais lorsqu'il sera question d'analyses scientifiques ou même d'analyses courantes plus complètes, on devra faire usage de vases de plus grandes dimensions : deux ou plusieurs litres, suivant les circonstances.

3° **Nettoyage des flacons.** — On a recommandé de laver les bouteilles soit à l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique (1), soit

(1) *Rapport du Congrès international d'hygiène*, Bruxelles, 1885, p. 87.

avec une solution de permanganate de potasse additionnée d'acide sulfurique (1) dans le but de détruire les matières organiques adhérentes au verre. On doit naturellement rincer le vase à l'eau distillée ou avec l'eau à analyser jusque disparition de toute trace de permanganate ou d'acide.

Lorsque l'on doit procéder à des recherches ou à des dosages précis, les précautions les plus minutieuses doivent être prises, aussi ne pouvons-nous qu'approuver dans des cas semblables les recommandations faites par M. Lajoux. Mais lorsqu'il s'agit d'essais rapides ou d'analyses approximatives, il est inutile de s'astreindre à de telles manipulations : un lavage soigné *intus* et *extra* des flacons avec l'eau même que l'on doit examiner suffit; c'est aussi, du reste, le seul que l'on puisse prescrire, attendu qu'il est très rare que le chimiste soit appelé à prélever lui-même l'échantillon, qu'il reçoit au contraire presque toujours en même temps que l'avis ou la demande d'analyse.

4° **Volume d'eau nécessaire à l'analyse.** — Un litre d'eau suffit pour un essai rapide, mais une analyse approximative sérieuse en exige deux. Pour les recherches spéciales, une analyse scientifique, etc., il en faut davantage : 4 litres et plus, suivant une foule de circonstances et surtout en raison de la plus ou moins grande pureté des liquides et de la nature des éléments à rechercher ou à doser.

Les eaux de sources, de lacs, de pluies, celles provenant de la fonte des neiges, des glaciers, etc., sont généralement très pauvres en matières organiques et en sels : leur analyse complète nécessitera par conséquent un volume de liquide beaucoup plus considérable que celle des eaux de pluie, de fleuves, de canaux, etc. Enfin, il peut être nécessaire de procéder à la recherche de certains éléments anormaux : arsenic, iode, brome, fluor, etc., etc., dont on soupçonne la présence ou dont l'existence ou l'absence doivent être démontrées. Dans ces diverses circonstances, il sera nécessaire de disposer de quantités souvent énormes de liquides : des centaines et même parfois des milliers de litres.

Mais ce sont là, évidemment, des cas tout à fait exceptionnels,

(1) *H. Lajoux*, Recherches et documents du laboratoire municipal de Reims, 1889, p. 11.

et l'on peut dire qu'en règle générale 10 litres d'eau suffisent à toutes les recherches.

5° **Prélèvement de l'échantillon.** — Où et comment doit-on recueillir l'eau à analyser? La réponse à cette double question est relativement complexe; elle dépend, en effet, non seulement des lieux, mais encore du but que l'on se propose.

Veut-on, par exemple, déterminer la valeur hygiénique d'une eau de pluie, de citerne, de fontaine, d'étang, de rivière ou de canaux employée à la consommation journalière d'une ou plusieurs familles? On devra alors se baser rigoureusement sur le principe suivant :

L'eau à examiner doit être en tous points identique à celle dont on fait journellement usage et, par conséquent, *puisée exactement de la même manière.*

C'est donc à tort, selon nous, que certains auteurs recommandent de laisser couler des tuyaux de pompe ou de robinets, une grande quantité d'eau : 10, 20, 50 litres et même plus avant de recueillir celle qui doit être envoyée au laboratoire, les consommateurs n'ayant pas l'habitude de perdre leur temps et même leur... eau dans de telles conditions.

Mais il peut se faire toutefois que semblables précautions deviennent nécessaires : par exemple, lorsque l'on doit procéder à l'examen de l'eau d'un puits, d'une citerne ou d'une canalisation dont on ne s'est plus servi depuis quelque temps. Il est évident qu'il faudrait alors rejeter d'abord toute l'eau qui a séjourné dans les tuyaux, de telle sorte que l'on puisse considérer comme normale celle que l'on recueillerait ensuite pour l'examen.

Le ou les flacons, préalablement lavés et rincés à plusieurs reprises avec l'eau à analyser, seront remplis directement et aussi complètement que possible, c'est-à-dire de telle sorte que le bouchon affleure le liquide; si le remplissage direct était impossible, on ferait usage d'un second vase, gobelet, tasse, louche, etc., également lavés de la même manière et avec le même soin que les flacons.

Lorsqu'il s'agit de puiser directement l'eau dans une fontaine, une rivière, un étang, etc., on doit prendre toutes les précautions nécessaires pour ne point toucher le fond ou remuer la vase qui pourrait être déposée sur le lit du cours ou du réservoir.

Tous les auteurs recommandent également, et avec raison semble-t-il, de plonger le flacon entre deux eaux, le goulot étant dirigé vers l'amont; il y a lieu, cependant, de faire remarquer qu'en agissant ainsi, on s'écarte toujours plus ou moins du principe énoncé plus haut.

Enfin, on puisera toujours l'eau au même endroit que le public et non au-dessus ou en-dessous, ainsi que nous l'avons vu faire, sous prétexte que le liquide était moins agité ici que là.

Il est évident que le *modus faciendi* devrait être tout différent s'il s'agissait de déterminer les caractères et la composition d'une ou plusieurs sources, rivières, nappes souterraines, d'un ou plusieurs fleuves, lacs, étangs, canaux, etc., destinés à alimenter ultérieurement, en eau potable, soit une ou plusieurs villes, soit une où plusieurs agglomérations.

Dans ce cas, il serait absolument indispensable non-seulement de s'entourer de toutes les précautions les plus minutieuses, mais encore de procéder au prélèvement de nombreux échantillons près du fond ou de la surface, au milieu, sur les bords, etc., en divers points du cours d'eau ou du réservoir et à diverses époques, surtout pendant les périodes de grande chaleur ou de grand froid, avant, pendant et après les orages ou les pluies prolongées. Enfin, on se conformera en outre, dans l'occurrence, aux indications du § 7 ci-après.

6° **Fermeture des flacons.** — Quel que soit le bouchon employé, verre ou liège, chaque flacon sera recouvert d'un capuchon en papier parchemin trempé dans l'eau à analyser ou dans de l'eau distillée, fortement tendu et fixé au moyen d'une ficelle blanche sur le goulot de la bouteille. Lorsqu'il y aura lieu de prévoir des contestations ou en cas d'expertises judiciaires, etc., les bouts de cette ficelle seront réunis et fixés sur le bouchon au moyen de cire à cacheter sur laquelle on appliquera un cachet ou timbre donnant à l'échantillon le caractère d'authenticité exigible.

A l'Observatoire de Montsouris, chaque flacon est enfermé dans une boîte en bois. C'est un luxe de précaution que l'on ne peut critiquer, mais qui doit être cependant proscrit de la pratique courante, celle-ci ne comportant absolument que le strict nécessaire.

Les bouchons de liège, nous l'avons dit déjà, doivent être neufs, souples et compacts; il est recommandé de les tremper pendant quelques minutes dans l'eau à examiner avant de les employer. Ils ne devraient jamais, comme on l'a conseillé, être recouverts de cire : c'est inutile, le papier parchemin suffisant, et ce peut être nuisible ou occasionner des erreurs. Nous en dirons autant du parafinage des bouchons de verre, recommandé par Sutton et admis par presque tous les auteurs.

7° **Renseignements particuliers.** — Les échantillons seront, autant que possible, accompagnés d'une note indiquant la température de l'eau au moment du puisage et à différentes heures de la journée, son aspect, son odeur et sa saveur au moment même du puisage, la nature, les dimensions — et surtout la profondeur, — le revêtement, la situation, soit isolée, soit au sein d'une agglomération d'habitations ou à proximité d'une fosse d'aisance, d'un égout, etc., du réservoir (puits, citernes, fontaines, etc.), le jour et l'heure du prélèvement, la localité, la nature du sol, la durée et le degré de la ou des périodes de sécheresse ou de pluie, d'orages, ainsi que le temps écoulé depuis la dernière perturbation atmosphérique prononcée. S'il s'agit d'un cours d'eau, rivière, fleuve, canal, etc., on indiquera en outre et aussi exactement que faire se peut, les divers terrains : rocheux, sablonneux, argileux, calcaires, etc., que traverse ce cours d'eau, ainsi que ses principaux affluents, avant d'atteindre l'endroit où l'on prélève les échantillons; le nombre, l'espèce et l'importance des industries ou des agglomérations qui peuvent le contaminer ou le polluer, son débit, la nature et l'intensité de la végétation sur ses rives, sa faune et sa flore microscopiques, la vitesse d'écoulement, l'aspect de son lit, l'étiage, l'état sanitaire des populations qui boivent ses eaux, etc., etc. En un mot, on s'entourera de tous les renseignements de nature à permettre une appréciation raisonnée non-seulement dans le présent, mais encore dans l'avenir, et l'on ne perdra jamais de vue qu'il suffit bien souvent d'un accident tout passager pour modifier considérablement les caractères et la composition d'une eau qui, dans les circonstances ordinaires, eût pu être considérée comme bonne, passable ou mauvaise.

8° **Envoi ou transport des échantillons au labora-**

toire. — Le transport de l'eau au laboratoire doit s'effectuer aussi rapidement que possible; si l'on doit faire l'expédition par chemin de fer, il est indispensable de recourir au tarif de grande vitesse et de s'arranger de telle sorte que le transport s'effectue autant que possible la nuit, tout au moins pendant les grandes chaleurs.

En outre, les flacons ne seront remplis qu'à un moment aussi rapproché que possible du départ ou de la remise à la gare d'expédition.

L'emballage devra être surveillé avec soin pour éviter le bris des vases; le mieux est de les enfermer dans une caisse en bois ou dans un panier de dimensions convenables, renfermant du son ou de la sciure de bois que l'on tasse bien tout autour.

9° **Réception des échantillons.** — Aussitôt que le colis arrivera au laboratoire, on en retirera les flacons et l'on constatera leur état et leur fermeture; il sera fait mention au registre d'analyses des observations que cet examen pourrait suggérer, ainsi que des renseignements contenus dans la note qui accompagne le flacon ou inscrits sur les étiquettes.

10° **Conservation de l'eau.** — Si l'on n'était pas en mesure de commencer immédiatement l'analyse, il faudrait conserver les échantillons dans un endroit frais et à l'abri des rayons directs du soleil : dans une cave, par exemple, mais il ne faut pas oublier que tout retard est préjudiciable à l'exactitude des résultats et à la justesse des appréciations à émettre, le temps modifiant toujours plus ou moins les caractères et même la composition de l'eau : certains éléments se précipitent ou disparaissent, lentement, il est vrai, lorsque les vases sont bien fermés, mais cependant d'une manière parfois très prononcée, surtout si toutes les précautions nécessaires n'ont pas été bien prises.

Afin de faciliter les déterminations et les recherches ultérieures, nous conseillons, surtout si l'on doit retarder l'analyse, de remplir avec le contenu du ou des flacons préalablement agité, une ou plusieurs éprouvettes cylindriques de 500 à 600 cc. (p. 37); on fermera avec soin et on mettra de côté. Les matières en suspension se précipitent en tout ou en partie, pendant le temps qui devra s'écouler avant de commencer l'analyse : ce sera donc

autant de gagné; de plus, on pourra noter de suite l'aspect, la couleur, la saveur et, au moins approximativement, l'odeur du liquide, toutes choses qui n'exigent que quelques instants.

§ II. — Synopsis des opérations à exécuter et marche à suivre pour l'analyse chimique méthodique des eaux potables.

A) ESSAI RAPIDE.

a) **Outillage.**

Volume d'eau nécessaire : *un litre.*

Durée approximative de l'examen : 40 à 50 minutes, rarement plus, lorsque l'on a tout sous la main, bien entendu.

Appareils. — Brûleur Bunsen, bain de sable, étuve, balance ordinaire, 2 éprouvettes cylindriques graduées ou non de 500 à 600 cc., aussi étroites que possible, 6 tubes d'essai, mesurant 17 à 18 centimètres de long sur 14 à 15 millimètres de diamètre intérieur, 1 ou 2 matras de 50 à 60 cc., 1 ou 2 capsules en porcelaine, 1 en nickel de 250 à 300 cc., 1 appareil à absorption (fig. 37), quelques tubes pipettes préparés et jaugés dans le laboratoire même, 1 burette de Mohr à robinet et support, 1 ballon jaugé de 100 cc. et 1 éprouvette graduée idem.

Réactifs.—Acétate de plomb ammoniacal, acide chlorhydrique pur, acide sulfurique N/2 (p. 52) et N/10 (p. 56) azotate de chaux, bicarbonate de soude, brucine (p. 55), carbonate de magnésie, carbonate sodique alcalin (p. 59), chlorure ferrique, chlorure sodique, curcuma, empois iodo-cadmique (p. 54), éther sulfurique, hydrogène sulfuré, mixture magnésienne (p. 60), nitrate d'ammoniaque, nitrate d'argent (p. 61), nitrate de potasse, orangé Poirrier, papier à filtrer, permanganate de potasse alcalin (p. 60) et solution titrée de caméléon (p. 63), pierre ponce, réactif Nessler (p. 55), silicate de potasse, sulfate d'ammoniaque, sulfate d'alumine, sulfate de chaux et tournesol.

b) Déterminations diverses.

1° *Caractères organoleptiques.* — Aspect, couleur, odeur, saveur, réaction et sensation gastrique (chapitre III).

2° *Éléments anormaux.* — Recherche et appréciation immédiate de la présence et des proportions des éléments anormaux : acides nitreux et nitrique, ammoniaque, azote albuminoïde, hydrogène sulfuré, plomb, zinc, sulfocyanures alcalins, fer, matières organiques, magnésie (chapitre IV).

3° Recherche de l'acide phosphorique et dosage approximatif des carbonates, sulfates et chlorures.

Elles s'exécutent dans l'ordre suivant et en tenant compte des observations que voici :

Caractères organoleptiques. — Un aspect trouble, une coloration et surtout une odeur prononcées, une saveur nauséeuse, doivent faire rejeter l'eau sans autre examen. Même observation en ce qui concerne l'alcalinité ou l'acidité prononcées.

Analyse chimique. — On recherche directement l'hydrogène sulfuré libre ou combiné, l'acide nitreux, l'AzH^3, l'azote albuminoïde et les sulfocyanures : leur présence nettement constatée rend toutes autres recherches inutiles.

On évapore l'eau au dixième et on recherche le plomb et le zinc. S'ils existent, l'eau est condamnée.

On recherche ensuite et directement l'acide phosphorique, le fer et la magnésie. Pour l'appréciation des résultats, voir IVe partie, chapitre IV.

On dose les matières organiques par le permanganate, le chlore et l'acide sulfurique par l'aspect des réactions des sels argentiques et barytiques, les carbonates par l'ébullition ou l'SO^3 N/10 enfin on détermine approximativement le résidu fixe.

Pour tous les détails relatifs aux diverses manipulations à exécuter, consulter les chapitres III et IV ci-après.

B. — ANALYSE APPROXIMATIVE.

a) **Outillage.**

Volume d'eau nécessaire : 2 litres. — *Durée de l'analyse :* 2 à 3 heures environ.

Appareils. — Ceux indiqués en A pour l'essai rapide; on y ajoutera une burette de Mohr en plus, une capsule en platine avec son couvercle (encore n'est-ce pas indispensable), une ou deux éprouvettes graduées en centimètres cubes, les vases nécessaires pour la préparation des liqueurs titrées et deux ou trois gobelets en verre mince.

Réactifs.—On prendra,en plus de ceux mentionnés en A, les solutions décrites sous les litt. 6,11, 12, 16,17 et 21 à 25, pp.55 à 64.

b) **Déterminations.**

Caractères organoleptiques. — Comme en A. On y ajoutera le poids au moins approximatif des matières en suspension.

Analyse chimique. — Comme en A, mais on procédera en outre au dosage approximatif de l'AzH^3, des acides nitreux et nitrique, de l'azote albuminoïde, du fer, de la magnésie, de l'acide phosphorique et de l'acide silicique. Les quatre premiers seront dosés directement, les trois autres après concentration de l'eau au 1/5 de son volume, le dernier dans le résidu fixe.

On dosera ensuite exactement ou à peu près le résidu fixe, l'acide carbonique fixe, le carbonate de chaux, le chlore et l'oxygène par les procédés décrits au chapitre V, §§ II, III*d*, IV, X et XVII; et approximativement, l'acide sulfurique et la chaux.

Les dosages ou recherches autres que ceux dont il vient d'être parlé ne doivent être exécutés que sur demande ou dans des circonstances spéciales que chacun appréciera. Ainsi, par exemple, il ne peut jamais être question, lorsqu'il s'agit d'établir une distribution d'eau dans une ville, une commune, une caserne, etc., etc., d'une analyse approximative pas plus que l'on ne pourrait se contenter d'un simple dosage d'azote albuminoïde ou de matières organiques si l'on avait à se prononcer sur la contamination d'une eau par des matières fécales; dans le premier cas, on devrait nécessairement procéder à une analyse complète, tandis que dans le second la recherche des matières dont il s'agit s'imposerait (chapitre IV, § VII).

CHAPITRE III

CARACTÈRES ORGANOLEPTIQUES ET PHYSIQUES

I. — ASPECT.

On agite fortement l'échantillon, on en prélève ensuite 50 à 100 cc. ou plus s'il y a lieu, et on les introduit dans une éprouvette, un verre conique ou un tube analogue à ceux représentés

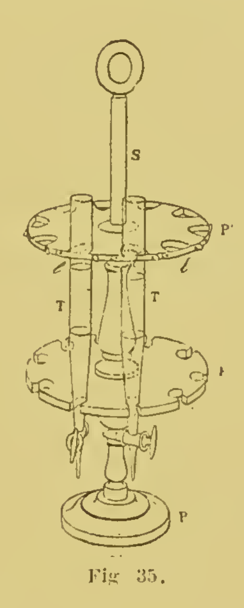


Fig 35.

figure 35 ci-dessus. On laissera en repos pendant 12 à 24 heures, en ayant soin d'imprimer de temps à autre quelques légères secousses au tube ou même de frotter la paroi intérieure avec un agitateur, de manière à activer la chute des particules en suspension ou déjà fixées contre la paroi. Les caractères macroscopiques et le volume au moins approximatif du dépôt seront notés, puis on procédera, s'il y a lieu, à son analyse chimique et microscopique (2e partie).

II. — COULEUR.

Pour apprécier la teinte de l'eau ainsi que l'intensité de colo-

ration, on fait usage d'une éprouvette cylindrique de 5 à 600 cc. que l'on remplit et que l'on pose devant une fenêtre, sur une surface blanche, à côté d'une seconde éprouvette de même forme et de même contenance remplie d'eau distillée.

III. — ODEUR.

On remplit presque complètement d'eau à analyser un ballon de 50 à 60 cc., préalablement lavé à plusieurs reprises intérieurement et extérieurement avec de l'eau distillée, on ferme avec un bon bouchon en liège neuf, on le plonge pendant 3 ou 4 minutes dans un bain-marie chauffé à 50-60°C, on le retire, on l'essuie, puis on le débouche brusquement et on place aussitôt le nez au-dessus du col : les gaz accumulés dans l'espace resté vide sous le bouchon contiennent la plus grande partie sinon même la totalité des substances odorantes et affectent vivement l'organe olfactif, lequel perçoit ainsi la plus légère odeur.

Le procédé suivant, particulièrement applicable aux eaux supposées contaminées par des matières fécales ou par des substances animales en voie de décomposition, peut aussi être récommandé.

On ajoute à 40 ou 50 cc. d'eau, contenus dans un petit ballon analogue au précédent, 10 cc. environ d'éther sulfurique à 65°. puis on agite fortement et à plusieurs reprises; l'éther se sépare après quelques instants de repos et est ensuite aspiré au moyen d'une petite bandelette de papier à filtrer sur lequel se fixent les matières odorantes, dont on peut ainsi reconnaître des traces aussitôt l'éther évaporé.

IV. — SAVEUR.

Pour apprécier convenablement la saveur d'une eau, on s'en rince la bouche à deux ou trois reprises, puis on la " déguste „. L'interprétation judicieuse des sensations perçues exige un petit apprentissage que l'on rend du reste aussi fructueux et aussi court que possible en suivant le conseil donné par M. le professeur A. Gautier, c'est-à-dire en ajoutant à une eau pure quelques gouttes de solution aqueuse saturée des divers sels que l'on rencontre le plus habituellement dans les eaux potables : chlorure

sodique, chlorures de magnésie et de chaux, nitrates d'ammoniaque, de chaux et de potasse, sulfates de chaux et d'alumine, etc.

V. — IMPUTRESCIBILITÉ.

On remplit à moitié ou aux deux tiers un flacon en verre blanc avec l'eau à essayer, on ferme et on expose au soleil ou tout au moins en pleine lumière; d'autre part on en remplit complètement un second flacon, on ferme et on conserve à l'obscurité. Une eau de bonne qualité ne doit s'altérer ni dans l'un ni dans l'autre cas même au bout d'un mois.

VI. — RÉACTION.

On la constate au moyen de papiers ou de teintures de tournesol, de curcuma, d'orangé Poirrier, etc.

Papiers. — Une bandelette de papier à filtrer blanc imprégnée de l'une ou l'autre teinture alcoolique ou aqueuse susmentionnées, est plongée à moitié dans l'eau à essayer, introduite dans un petit tube à essai : on note les changements de teinte qui peuvent se produire, leur intensité et le temps nécessaire à leur apparition.

Tous les papiers réactifs doivent être préparés et conservés avec soin et à l'abri des vapeurs du laboratoire; on ne doit jamais les acheter dans le commerce, surtout celui de curcuma. Disons, en passant, que nous n'avons jamais obtenu de résultats satisfaisants du papier de tournesol dit " sensible „ que l'on a préconisé pour l'essai des eaux; à notre avis, un morceau de bleu et un de rouge bien préparés sont de beaucoup préférables.

Teintures. — Une goutte dans 20 à 25 cc. d'eau introduits dans un tube à essai; on agite et on incline au-dessus d'une feuille de papier blanc devant une fenêtre bien éclairée, à côté d'un second tube contenant un égal volume d'eau distillée récemment bouillie et refroidie à l'abri de l'air, puis additionnée également d'une goutte de teinture.

CHAPITRE IV

Recherche et dosage approximatif des éléments anormaux.

I. — AZOTE NITREUX

1° **Recherche**. — On verse dans un tube d'essai 20 cc. d'eau filtrée et, s'il y a lieu, décolorée par l'addition de deux ou trois gouttes d'une solution aqueuse concentrée de sulfate d'alumine, puis d'un même volume de bicarbonate de soude et ensuite filtrée; on ajoute 2 gouttes d'acide sulfurique au demi (§ 1° p. 52), on agite puis on laisse tomber dans le tube, d'une hauteur de 5 à 10 centimètres, 8 à 10 gouttes d'empois iodo-cadmique (p. 54), on note les phénomènes qui se produisent (litt. 3 ci-après) puis on agite doucement.

Si l'eau contient des nitrites, il s'y développera immédiatement ou au bout de quelques instants, suivant les cas, une belle coloration bleue plus ou moins foncée ou même un précipité ou un trouble.

Certains auteurs affirment que les sels de fer peuvent donner lieu à la même réaction, mais il ne nous a jamais été possible de vérifier leurs dires, pas plus en ajoutant des quantités considérables de sels ferreux ou ferriques à des eaux pures, qu'en examinant, ainsi que nous venons encore de le faire à l'instant même, des eaux naturellement ferrugineuses et contenant soit des hydrocarbonates, soit des crénates ou apocrénates de fer en quantité relativement énormes : jusque 1^{gr}26 par litre.

Avec le réactif de Greiss (p. 54) la teinte varie du rouge-feu très intense au jaune-brun très clair, en passant par toutes les nuances de brun, suivant la proportion d'acide nitreux. La sensibilité de la réaction est également de même ordre ou à peu près, mais ce réactif ne peut être, lui, employé en présence des sels de fer.

2° **Essai rapide**. — Est basé, de même que le dosage approximatif, sur les réactions indiquées dans le tableau ci-contre et sur les considérations développées page 13. Toute eau qui pré-

N° D'ORDRE	Az^2O^3 par LITRE.	PRÉCIPITÉ.	COLORATION			OPACITÉ (3)
			Par transparence.	A la surface (1)	Vue de haut en bas. (2)	
1	10 millig	Stries diffuses occupant toute la largeur du tube et descendant assez rapidement au fond. Après agitation, le liquide redevient limpide et bleu.	Verdâtre	Bleu foncé	Bleu noir	5 centimètres
2	5 id.	Id. mais moins prononcé.	Bleu verdâtre	Id. mais moins foncé	Bleu foncé	9 à 10 id.
3	4 à 2 id	Les stries sont assez fines, nettes et se résolvent en spirales plus ou moins allongées, n'occupant qu'une partie du liquide et descendant lentement au fond du tube	Bleu clair	Bleu foncé	Id. moins foncé	11 à 14 id.
4	1 id	Stries très fines	Très légère	Légère	Au fond du tube, zone annulaire d'un bleu foncé à centre diffus,	Commence à disparaître.
5	0mg.8 à 0.6	Stries excessivement fines	Nulle ou insignifiante	Très légère	Id. mais le centre devient clair	Nulle sur 15 centim.
6	0.4	Plus de stries.	Nulle	Est seulem[t] perçue après addition de 4 à 5 gouttes d'empois.	Immédiate mais légère	
7	0.2	Id.	Id.	Id. 15 à 16 gouttes	N'apparaît nettement qu'au bout de 15 à 20″, mais est cependant perceptible plus tôt.	Id.
8	0.1	Id.	Id.	Nulle	N'apparaît qu'au bout de 40 à 50″ et n'est bien nette qu'après 5 à 10′.	Id.

(1) On incline le tube en avant, à hauteur de la poitrine, la lumière venant de la gauche.
(2) On incline le tube vers la lumière, au-dessus d'une surface blanche, c'est-à-dire par réflexion.
(3) Etablie au colorimètre pour des épaisseurs inférieures à 10 centim. Au delà, c'est-à-dire lorsque le liquide devient moins opaque, on fait usage d'un tube d'essai ou d'une éprouvette.

cipite ou bleuit fortement et immédiatement doit être rejetée, celle qui bleuit immédiatement mais légèrement doit être tenue pour suspecte.

3° **Dosage approximatif.** — Le tableau page 79 comprend les réactions que l'on observe en traitant 20 cc. d'eau, introduits dans un tube à essai de 14 millimètres de diamètre et de 17 centimètres environ de longueur, par 2 gouttes d'acide sulfurique au demi et 11 gouttes d'empois iodo-cadmique.

4° **Dosage colorimétrique.** — Applicable dans tous les cas, c'est-à-dire quelle que soit la proportion d'acide azoteux, mais il importe, lorsque cette proportion est supérieure à $0^{mgr}2$ par litre, ce que l'on constate aisément de la manière indiquée ci-dessus, de diluer le liquide au moyen d'eau pure, afin de l'amener à ne plus contenir que cette proportiòn et même un peu moins par 1000 cc. *C'est là*, en effet, le *point capital* dans ce procédé.

On verse 50 cc. d'eau, diluée ou non suivant les cas, dans une éprouvette ou dans un grand tube, on ajoute 1/4 cc. acide sulfurique dilué et 1 cc. empois iodo-cadmique, on agite, on met de côté et on traite de la même manière 50 cc. de la solution type de nitrite alcalin (§ 2° p. 52); au bout de 10 minutes environ, on remplit avec cette dernière le compartiment A de notre colorimètre (fig. 21 et 22. p. 44 et 45), jusqu'au zéro et le compartiment B avec l'eau à analyser, en procédant comme il a été dit page 44.

Supposons que B paraisse plus teinté que A. On tourne le robinet R' et on laisse couler le liquide jusqu'à ce que les teintes paraissent égales, on *ferme le robinet* et on note sur le tube H la hauteur de la colonne liquide; si elle n'est pas inférieure à 9 centimètres, on peut considérer le dosage comme étant terminé, mais si elle est moindre on ajoutera de l'eau pure dans le compartiment B jusqu'au O, on agitera doucement pour bien mélanger puis on comparera de nouveau la teinte des deux demi-lunules. Il est essentiel, en effet, d'opérer sur des colonnes de même hauteur ou tout au moins très peu différentes.

Admettons, pour fixer les idées, que les deux teintes soient inégales et qu'il ait fallu derechef diminuer de 10 millimètres l'épaisseur de B pour obtenir l'égalité, cette diminution ayant été de *25* millimètres la première fois. On calculera comme suit la

teneur de l'eau en acide azoteux, une épaisseur de 100 millimètres du liquide type correspondant à $0^{mgr}1$ de cet acide par litre.

$$75 : 100 :: 0^{mgr}1 : x \text{ d'où } x = 0^{mgr}1336$$
$$90 : 100 :: 0^{mgr}1336 : y \text{ d'où } y = 0^{mgr}148$$

L'eau analysée contiendrait donc, si elle n'avait pas été primitivement diluée, $0^{mgr}148$ Az^2O^3 par litre. En admettant qu'il ait fallu pour l'amener à ne contenir qu'environ $0^{mgr}15$ à $0^{mgr}20$ par litre, l'étendre de 9 fois son volume d'eau pure, sa teneur réelle en acide azoteux sera donc $0^{mgr}148 \times 10$, soit $1^{mgr}48$.

II. — AZOTE NITRIQUE

1° **Recherche.** — 1 cc. d'un mélange par parties égales d'eau à analyser et de solution de brucine (§ 5° p. 55), est introduit au fond d'un tube à essai dans lequel on laisse tomber ensuite un centimètre cube d'acide sulfurique monohydraté *pur*. Si l'eau contient $0^{mgr}5$ ou plus d'acide nitrique par litre, on observera les colorations indiquées au litt. 3 ci-après.

Remarque : Si elle contenait des nitrites, il faudrait la faire bouillir pendant 10 minutes environ, après y avoir ajouté 8 à 10 gouttes d'acide sulfurique concentré pur pour 50 cc. de liquide. On laisserait refroidir, on rétablirait le volume primitif par addition d'eau pure, puis on essaierait comme il vient d'être dit. La destruction des nitrites est absolument indispensable, car l'acide nitreux réagit non seulement sur la brucine comme l'acide nitrique, mais encore avec une intensité au moins décuple.

2° **Essai rapide.** — Toute eau qui, traitée comme il vient d'être dit, donnera lieu à une coloration rose clair ou rose brun immédiate et persistant pendant au moins 20 à 30 minutes, devra être tenue en suspicion ou rejetée suivant les cas.

3° **Dosage approximatif.** — On fait comme en *a* un mélange d'eau, préalablement privée de nitrites s'il y a lieu, et de brucine : 3 cc. de chaque, dans une éprouvette graduée en centimètres cubes; on verse dans un tube à essai (A, je suppose) 1 cc. et dans un second tube B, 5 cc. de mélange, puis on traite comme suit par l'acide sulfurique *monohydraté pur :* on laisse couler dans le tube A 1 cc. dudit acide et dans le tube B, 1, 2, 3, 4 et 5 cc., en agitant après chaque addition et observant les réactions produites, que nous résumons dans le tableau ci-contre.

Nos d'ordre.	AzO^5 par litre (en millig.)	Réactions observées dans le tube — A	Réactions observées dans le tube — B.
1	20	Coloration rose brun très clair, puis rose avec moins de brun, par transparence; rouge cerise de haut en bas. Peu à peu, ces teintes virent au brun orangé, puis à l'orangé et enfin, après 2 ou 3', au jaune citrin persistant.	Le 1er cc. d'acide produit, en tombant, une traînée rose qui disparaît instantanément pour faire place, après agitation, à une légère teinte jaune citrin qui devient rouge brun avec le 2e cc. et rouge feu intense avec le 3e.
2	15	Les diverses teintes ci-dessus se succèdent pour ainsi dire instantanément et dans tous les cas avec une rapidité telle qu'il est impossible de les noter. La dernière est jaune citrin.	Avec le 1er cc., rien; le 2e produit une traînée rose disparaissant instanément et remplacée, après agitation, par la teinte jaune ci-dessus.
3	10	Comme en 2, mais le liquide devient d'abord rouge clair par agitation et reste tel pendant 8 à 10" avant de passer au jaune citrin.	Au 2e cc. légère teinte jaune d'or sous forme d'anneau au fond du tube; après le 3e cc. légère teinte jaune citrin devenant plus foncée avec 4 cc. Le 5e cc. produit une teinte rouge brun clair par transparence, rouge feu de haut en bas, puis orangée et enfin jaune citrin, le tout en quelques instants
4	5	Traînée rose disparaissant instantanément. Par agitation légère, teinte rosée virant au jaune citrin par agitation plus forte.	Après le 3e cc. le liquide devient jaune verdâtre très clair et jaune citrin après le 4e. Le 5e ne produit plus de coloration rouge mais une traînée rose qui vire rapidement au brun jaunâtre d'abord au fond puis et peu à peu dans tout le liquide.
5	3	Id.; par agitation, teinte d'un jaune d'or clair	Coloration jaune d'or assez nette après le 4e cc., traînée rose instantanée après addition du 5e puis légère coloration brune; vu de haut en bas, le liquide paraît rouge brun. Cette teinte vire rapidement à l'orangé très net et stable. Par transparence, coloration jaune citrin.
6	2	Plus de traînées roses mais légère teinte de même nuance disparaissant comme un éclair et suivie d'une teinte jaune d'or clair.	Avec le 5e cc., coloration jaune citrin virant, au bout de 3 à 4 minutes, au brun orangé pâle, se fonçant peu à peu, mais ne passant jamais au rouge brun.
7	1	Id. mais beaucoup plus faible encore.	Rien. Avec 2 cc. de mélange d'eau et de brucine et 1 cc. SO^4H^2, on observe au fond du tube, où une partie de l'acide se rassemble une très légère teinte rose brun disparaissant par agitation et laissant un liquide légèrement nuancé de jaune très pâle.

Remarque. — Il importe *au plus haut point* si l'on veut tirer parti des indications que nous venons de donner, que l'acide sulfurique soit *pur* et *exempt de toute trace d'eau d'addition,* c'est-à-dire *monohydraté,* sinon les réactions sont considérablement modifiées et surtout affaiblies.

3° **Dosage exact.** — Nous ne décrirons plus qu'un seul procédé, celui de Schlesing modifié par Tieman et basé sur la décomposition de l'acide azotique en bioxyde d'azote par le protochlorure de fer. Le voici décrit tel que nous l'appliquons dans notre laboratoire depuis nombre d'années déjà.

Appareils (fig. 36). — Un ballon B à col long et large fermé par un bouchon en caoutchouc à 2 trous; 2 tubes à gaz *a* et *a'* coudés à angle aigu et reliés par des tubes en caoutchouc *c* et *c'* à deux bouts de tube, *b* terminé en pointe et *b'* coudé à son extrémité libre; 2 pinces de Mohr *p* et *p'*; un brûleur à gaz avec

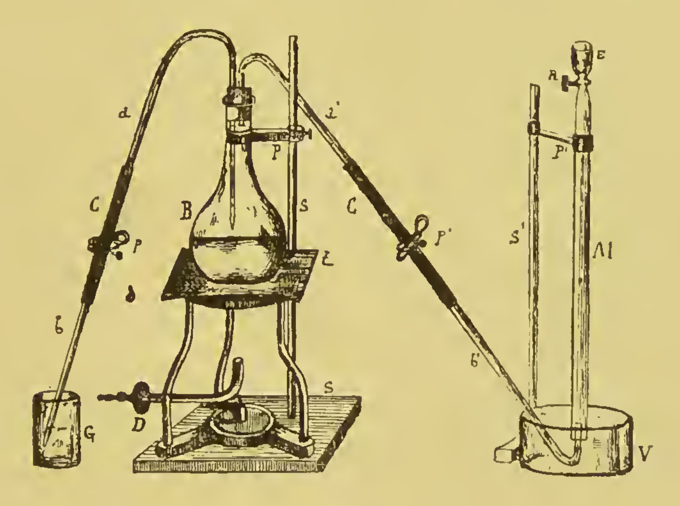


Fig. 36.

son support recouvert d'un morceau de toile métallique, un gobelet en verre G et un cristallisoir idem et de forme basse V; un tube mesureur M à robinet (R) terminé en entonnoir (E) et gradué en 1/10 de cc., le O se trouvant contre le robinet, et la division 25 vers le bas; un petit têt ou fromage *t;* 2 supports S et S', l'un pour le matras B, l'autre pour le tube M; enfin 2 éprouvettes cylindriques de 25 cc. graduées en cc.

Réactifs. — Une solution de soude caustique à 10 p. c. récemment bouillie et refroidie à l'abri de l'air; une solution de pro-

tochlorure de fer presque saturée, renfermant de l'HCl libre; de l'HCl concentré.

Dosage. — On introduit 50 cc. d'eau, préalablement réduite au 1/10 de son volume par évaporation (avec, s'il y a lieu, 5 à 6 gouttes d'$SO^4H^2/2$ pour chasser l'acide nitreux), dans le ballon B; on ferme comme l'indique la figure et on fait bouillir, les pinces *p* et *p'* étant ouvertes; lorsqu'il ne reste plus que 15 à 20 cc. de liquide dans le matras, on plonge l'extrémité du tube *b'* dans le vase V que l'on remplit en même temps avec la soude et on continue l'ébullition de manière que la vapeur d'eau se dégage dans la liqueur alcaline. Au bout de 2 à 3', on ferme *c'* avec les doigts : si tout l'air a été chassé par la vapeur d'eau, la soude monte rapidement et on sent un léger choc contre les doigts ; on ferme alors la pince *p'*, on laisse la vapeur sortir par *b* jusqu'à ce qu'il n'y ait plus que 10 cc. de liquide environ en B, on plonge *b* dans un gobelet d'eau distillée récemment bouillie, on éteint le feu et on ferme immédiatement *p* : l'eau monte jusque contre la pince et le vide se fait, par refroidissement, dans tout l'appareil entre *p* et *p'*.

On place alors le tube M dans le cristallisoir V de manière qu'il repose sur le têt au-dessus du tube *b'* qui doit pénétrer en M sur une hauteur de 2 à 3 centimètres (fig. 36), on verse dans l'une des éprouvettes cylindriques 25 cc. de solution ferreuse et dans l'autre un égal volume d'HCl. Lorsque les caoutchoucs *c* et *c'* sont fortement aplatis par l'effet de la pression extérieure, on retire *b* du gobelet, on le plonge immédiatement dans la solution ferreuse, on ouvre *p* et on laisse entrer en B 15 à 20 cc. de cette solution; on ferme *p*, on retire *b* on le plonge dans la seconde éprouvette, on ouvre *p* et on laisse monter avec précaution, c'est-à-dire par petite quantité et à 2 ou 3 reprises, un peu d'acide pour chasser tout le chlorure de fer en B, où on reçoit également l'acide.

On chauffe maintenant le ballon B d'abord très doucement, jusqu'à ce que les tubes en caoutchouc se gonflent un peu; à ce moment, on remplace la pince *p'* par les doigts ou, et mieux encore, par une pince à mors parallèles se réglant par une vis et on surveille le dégagement gazeux de manière que la soude ne monte pas en *b'*. Quand la pression du gaz est assez forte on

laisse monter lentement le bioxyde d'azote en M, on chauffe ensuite de plus en plus fort jusqu'à ce que le volume du gaz n'augmente plus dans le mesureur, puis on retire le tube à dégagement de la lessive de soude.

Il est nécessaire : 1° que l'opération marche lentement afin que les gaz étrangers et notamment l'acide chlorhydrique soient complètement absorbés par la soude; 2° que la pression en p' soit réglée avec le plus grand soin afin d'éviter que le liquide du tube M entre dans le ballon B; 3° enfin il faut que tous les tubes et joints ferment hermétiquement : il sera donc prudent de fixer les tubes en caoutchouc sur les tubes en verre à l'aide d'un fort fil.

Pour retirer le tube M, on le soulève légèrement afin de dégager l'extrémité du tube b', mais en évitant soigneusement de le sortir du liquide alcalin contenu en V, puis on en ferme l'extrémité avec la face palmaire du médius gauche recouvert d'un doigt en caoutchouc, on le retire complètement, on le renverse en secouant le liquide y contenu, on le redresse et on le plonge dans une grande éprouvette cylindrique presque remplie d'eau distillée; aussitôt que l'ouverture inférieure de M est sous l'eau, on retire le doigt et on enfonce le tube, mais sans pression, jusqu'à ce que le niveau du liquide alcalin y contenu coïncide exactement avec le niveau de l'eau dans l'éprouvette : on lit alors le volume du gaz et on note en même temps la température de l'eau, la pression atmosphérique et la tension de la vapeur d'eau correspondante, puis on ramène le volume du gaz à zéro et à la pression normale. En multipliant ce volume par 2,413 on trouve le poids, en milligrammes, de l'acide azotique anhydre contenu dans l'eau.

Exemple : On a trouvé 9 cc. de gaz à 18° C. et sous la pression de 769 millimètres, la tension de vapeur correspondante étant de 15,351 millimètres. On soustrait d'abord 15,351 de 769, soit 773,649, on multiplie ce nombre par 9 et on le divise par 760, ce qui donne 8cc925. Pour ramener ce volume à 0°, il suffit de résoudre la fraction suivante :

$$\frac{8,925}{1 + (18 \times 0,003665)} = \frac{8,925}{1,06597} = 8 \text{ cc.} \times 37.$$

La quantité d'acide azotique anhydre contenu dans un litre de l'eau analysée est donc égale à 8^{cc}37 × 2,413 × 2, soit 40^{mgr}394.

Parmi les nombres qui précèdent, deux sont des constantes : 0.003665 et 2.413; deux sont obtenus directement par l'observation d'un thermomètre plongé dans l'eau et d'un baromètre placé dans le laboratoire : 18 et 769; enfin le 5e ou tension de la vapeur d'eau est pris dans la table suivante pour toutes les températures comprises entre 9 et 28° C.

T	TENSION EN MILLIM.	T	TENSION EN MILLIM.	T	TENSION EN MILLIM.
9	8.52	14	11.88	19	16 34
10	9.13	15	12.68	20	17 40
11	9.75	16	13.52	21	18.51
12	10.42	17	14.41	22	19 67
13	11.13	18	15.35	23	20.91

Nota. — Pour supprimer les corrections de température, de pression, etc., on a recommandé de faire un second dosage comparatif au moyen d'une solution titrée d'un azotate alcalin, en opérant au même moment et dans les mêmes conditions, c'est-à-dire que pour éviter un calcul qui dure bien 1/2 minute, on doit s'astreindre à préparer, mesurer, etc., une solution titrée, puis à faire 2 dosages au lieu d'un. Cela rappelle assez bien le légendaire Gribouille se jetant à l'eau pour ne pas être mouillé !

Azotates alcalins fixes. — On évapore presque à sec, au bain-marie, 100 ou 200 cc. d'eau additionnée d'un très léger excès d'acide acétique, de manière à transformer les carbonates en acétates; on épuise le résidu avec de l'alcool éthéré (alcool 3 p., éther sulfurique 1 p.), puis on calcine modérément la partie insoluble, dans le but de transformer les nitrates en carbonates. On peut alors ou bien doser l'CO^2 ainsi formé par l'un ou l'autre des procédés décrits au chapitre V, §§ III à V, ou bien transformer les carbonates en acétates, que l'on dissout par l'alcool éthéré et que l'on dose soit directement, soit après calcination et alors sous forme de carbonates ou d'oxydes.

III. — AZOTE AMMONIACAL.

1° **Recherche.** — *a*) 50 cc. d'eau à analyser sont additionnés de 1/2 cc. d'une solution de carbonate sodique alcalin (§ 13° p. 59), doucement agités, puis filtrés au bout de quelques minutes de contact à froid; on recueille 20 cc. de filtrat dans un tube à essai et on ajoute 1/2 cc. de réactif Nessler : en présence d'ammoniaque inorganique, on observe soit un trouble, soit une coloration rouge brun ou jaune brun plus ou moins intenses suivant les proportions d'AzH^3 en dissolution dans l'eau. *Cette réaction est extrêmement sensible, mais il importe de suivre très scrupuleusement la marche indiquée, sinon l'on s'expose à des erreurs.*

Certaines eaux ferrugineuses ou tenant en suspension de fines particules argileuses, ne sont point déféquées par le carbonate alcalin; de telles eaux doivent être traitées par 2 ou 3 gouttes d'une solution aqueuse au dixième de sulfate d'alumine, puis par un *excès* de carbonate sodique alcalin, de manière à précipiter toute l'alumine ajoutée avant de filtrer et d'essayer par le Nessler (1).

b) *Procédé Crispo modifié.* — 15 cc. d'eau environ sont versés dans un petit ballon de 50 à 60 cc. (M. Crispo emploie un grand tube d'essai) et y additionné de 2 cc. d'une solution aqueuse saturée à froid de bicarbonate de soude (au lieu de 1/2 gramme de carbonate de chaux précipité pur et de pierre ponce calcinée, puis grossièrement pulvérisée que conseille M. Crispo).

On ferme avec un bouchon en caoutchouc ou en liège souple percé d'un trou pour fixer le tube à absorption A figure 37, dans lequel on a introduit en I 2 cc. de réactif Nessler étendu de son volume d'eau pure (M. Crispo emploie 1 cc. de réactif non dilué), on chauffe *très doucement* au-dessus d'une petite flamme, en agitant de temps en temps pour activer le départ de l'AzH^3 et on continue à chauffer jusqu'à ce que la vapeur d'eau sorte abondamment par le petit tube *t*. Dans ces conditions, il se produit en

(1) On pourrait aussi et mieux encore employer soit le carbonate de chaux solide, soit le talc purs, qui précipitent également l'argile, le fer, etc., et n'exigent pas un traitement ultérieur par un *excès*, absolument indispensable, de carbonate sodique.

I un précipité ou une coloration rouge brun plus ou moins foncée, si l'eau contient 0mgr2 ou plus d'AzH^3.

Le procédé est très simple et très commode, l'eau n'ayant nul besoin d'être déféquée ni même filtrée, mais toute l'ammoniaque est bien loin d'être décelée, surtout avec le carbonate de chaux (voir § IV ci-après), de telle sorte que l'on ne peut se baser sur l'intensité de la réaction pour apprécier le degré d'impureté de l'eau.

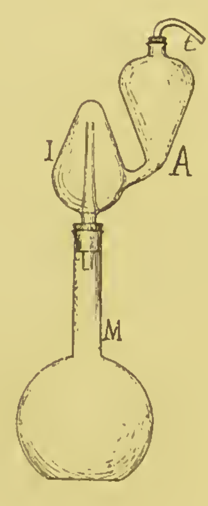


Fig. 37.

2° **Essai rapide.** — On l'exécute absolument comme en 1°, *a*. Une bonne eau potable ne doit pas se colorer même après 5 à 10'. Si la coloration est instantanée, mais légère, on peut passer outre, mais si elle est intense et *a fortiori* s'il y a précipité, l'eau doit être condamnée sans plus.

3° **Dosage approximatif.** — Est basé sur les caractères que présente le mélange de 20 cc. d'eau déféquée et de 1/2 cc. de Nessler dans un tube de 14 à 15 millimètres de diamètre; ils sont résumés dans le tableau ci-contre.

4° **Dosage colorimétrique.** — La quantité d'AzH^3 la plus convenable pour ce dosage est de 0mgr2 par litre. On attend 10 minutes et on procède exactement comme il a été dit page 79 pour le dosage de l'acide azoteux.

5° **Dosage alcalimétrique.** — Ne peut s'exécuter convenablement que si la proportion d'AzH^3 n'est pas inférieure à 5 ou 6 milligrammes par litre.

Nos D'ORDRE	AzH^3 par LITRE (en millig)	PRÉCIPITÉ	COLORATION DU MÉLANGE		
			PAR TRANSPARENCE	SUR TRANCHE	DE HAUT EN BAS
1	5 à 10	Larges stries diffuses descendant assez rapidement au fond du tube où l'on n'aperçoit du reste aucun précipité proprement dit; le liquide redevient limpide par agitation.	Jaune.	Rouge brun clair.	Du rouge brun orangé clair au rouge brun foncé.
2	3 à 4	Stries très nettement spiralées et comme formées de nombreuses et fines spirales parallèles.	Jaune très clair.	Brun clair.	Du brun orangé clair à l'orangé.
3	2	Stries en tourbillon, colorées en jaune-brun très clair.	Jaune pâle.	Brun orangé clair.	Orangé.
4	1	Les stries sont très pâles et peu nettes.	Jaune pâle presque imperceptible.	Brun très clair.	Jaune gutte clair.
5	0.8	Stries indistinctes mais légères traînées jaune citrin très pâle sur le passage de chaque goutte de réactif tombant dans le liquide.	Jaune gutte excessivement pâle perçu très difficilement et seulement par comparaison.	Orangé très clair.	Id. très clair.
6	0.6	Traînées légèrement grisâtres.	Nulle même par comparaison au centre du tube, mais les reflets de l'anneau jaune du fond sont bien nets.	Jaune très clair.	Jaune très pâle et nuancé de gris sale.
7	0.4	Nul.	Nulle.	Très pâle.	Très légère mais nette.
8	0 2	Id.	Id.	Nulle.	Au bout de quelques secondes, on perçoit une nuance jaunâtre mêlée de gris sale; après 2 à 3′ la teinte est nette.
9	0.1	Id.	Id.	Id.	Rien. Au bout de 10 à 15′, la teinte, déjà perceptible après 3 à 5′, est bien nette.

Dans une cornue tubulée ou un ballon en verre de Bohème d'une contenance de 400 à 800 cc., on introduit 250 à 500 cc. d'eau, quelques morceaux de pierre ponce ou, et mieux encore, trois ou quatre spirales ponce (fig. 38) et enfin 20 à 25 cc. d'une

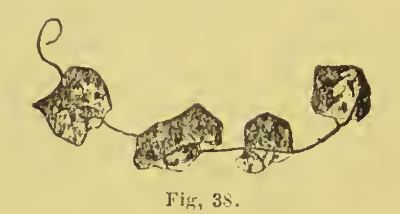


Fig. 38.

solution aqueuse saturée à froid de bicarbonate sodique; la cornue est mise en communication au moyen d'un bout de tube en caoutchouc avec un large tube en verre S (fig. 39) formant ser-

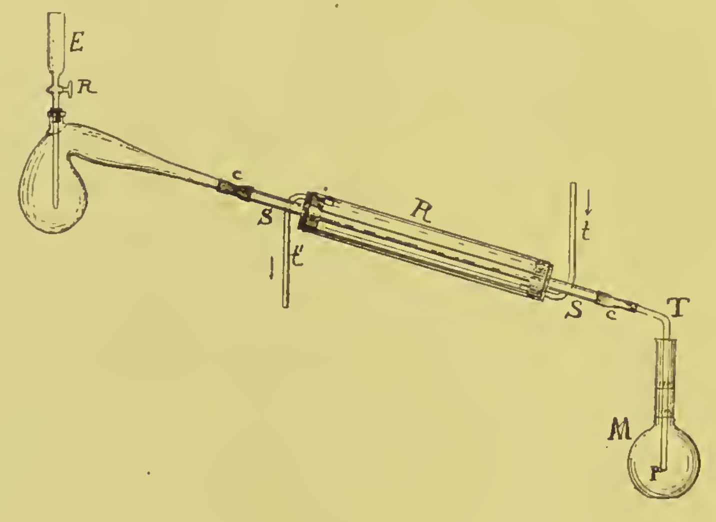


Fig. 39.

pentin et entouré d'un manchon en verre ou en métal (zinc, par exemple) fermé par deux bouchons au travers desquels passent le tube S et les deux petits tubes destinés à l'entrée (*t*) et à la sortie (*t'*) de l'eau employée pour la réfrigération; un tube T raccordé avec S au moyen d'un caoutchouc *c* plonge jusqu'au tiers inférieur d'un matras M, jaugé à 100-110 cc., contenant 10 cc., SO^4H^2 déci-mornal et posé sur des rondelles que l'on retire au fur et à mesure que la distillation avance, de telle sorte que la pointe *p* du tube T ne plonge jamais dans le liquide. On ferme la tubulure de la cornue au moyen d'un bouchon en caoutchouc

ou en liège entouré d'une feuille d'étain et portant un entonnoir à long tube et robinet E, dont l'extrémité effilée plonge à quelques centimètres du fond de la cornue.

Tout étant parfaitement ajusté, on chauffe doucement la cornue et on fait circuler un courant d'eau froide dans le réfrigérant, jusqu'à ce que l'on ait recueilli 100 cc. de liquide, c'est-à-dire qu'il y ait, par conséquent, 110 cc. en tout dans le ballon M; on enlève immédiatement ce dernier et on le remplace par une éprouvette ou un tube jaugé à 25 cc. que l'on remplit de même et que l'on traite aussitôt par 1/2 cc. réactif Nessler : si la totalité de l'AzH^3 inorganique est passée dans les cent premiers centimètres cubes de la distillation, on n'observera aucune réaction avec les 25 cc. suivants; dans le cas contraire, il faudrait continuer à distiller jusqu'à ce que les vingt derniers centimètres cubes recueillis ne se colorent plus, même au bout de 5 à 10 minutes.

Nous supposerons, pour ne pas compliquer inutilement la description du procédé, que le matras M contient toute l'ammoniaque inorganique qui se trouvait dans l'eau introduite dans la cornue.

Titrage. — Le contenu du ballon M est mélangé avec soin, puis divisé en deux parties égales dans chacune desquelles on dose l'excès d'acide sulfurique par la soude N/10 en présence de phénolphtaléine comme indicateur; la première partie sert à un dosage approximatif, la deuxième au dosage exact et comme contrôle.

Supposons qu'il ait fallu $6^{cc}35$ soude pour neutraliser la totalité de l'excès d'acide, le volume de ce dernier combiné à l'AzH^3 est donc égal à $3^{cc}7$ correspondant à $3.7 \times 1.7 = 6^{mgr}29$ AzH^3, quantité qu'il suffira de multiplier par quatre ou par deux suivant que l'on a pris 250 ou 500 cc. d'eau, pour rapporter les résultats au litre.

Le liquide resté dans la cornue est ensuite traité de la manière indiquée au littera 3 du § IV ci-après.

IV. — AZOTE ALBUMINOIDE

1° **Recherche.** — On évapore rapidement, dans une capsule en porcelaine, 50 à 60 cc. d'eau additionnée de 5 cc. d'une solu-

tion aqueuse saturée froide de bicarbonate de soude pur pour chasser les sels ammoniacaux inorganiques, jusque siccité; on verse alors 10 cc. d'eau *pure* dans la capsule, on fait dissoudre à chaud et sans se préoccuper du résidu, on introduit la solution dans l'appareil décrit page 88, figure 37, on ajoute quelques morceaux de pierre ponce et 2 cc. de solution de permanganate alcalin (§ 14°, p. 60), puis on ferme immédiatement au moyen du tube A dans lequel on a versé 2 cc. de Nessler étendu de son volume d'eau pure. Le matras est chauffé doucement jusqu'à ébullition, puis encore pendant environ 3 minutes : si l'eau contenait des matières albuminoïdes en proportion égale ou supérieure à 0mgr2 AzH^3 par litre, on constaterait la formation d'un précipité *dans le tube* A ou tout au moins d'une coloration rouge brun très nette du réactif.

Ce procédé, excessivement commode et bien plus rapide que celui employé jusqu'ici (n° 3 ci-après), ne peut être appliqué que pour autant qu'il ne reste plus dans le liquide, au moment où l'on y introduit le permanganate alcalin, la moindre trace de sels ammoniacaux proprement dits, ce dont on doit s'assurer par un essai direct préalable avec le Nessler, sur un premier volume d'eau évaporée comme il vient d'être dit; si la réaction était positive, on redissoudrait le résidu dans 50 à 60 cc. d'eau pure et on évaporerait cette solution à sec pour achever le départ de l'AzH^3 inorganique, avant de procéder à l'essai au permanganate.

Ces diverses opérations ne vont malheureusement pas sans être accompagnées d'une destruction partielle des matières albuminoïdes, notamment des amides, de telle sorte que le procédé est précisément en défaut là où son exactitude serait le plus indispensable, c'est-à-dire en présence d'une contamination par l'urine ou les matières fécales, *mais il n'existe actuellement aucun réactif*, *pas plus le bicarbonate de soude que les autres,* permettant de décomposer les sels ammoniacaux sans toucher aux amides et notamment à l'urée et surtout à l'urine.

2° **Essai rapide.** — Se confond avec la recherche de l'azote albuminoïde. Toute eau qui contient des matières organiques azotées en quantité suffisante pour produire la réaction de

l'ammoniaque dans les conditions indiquées, doit être rejetée s'il y a précipité et fortement suspectée en cas de coloration.

3° **Dosage alcalimétrique.** — L'eau restée dans la cornue après distillation de l'ammoniaque inorganique et concentration (§ 111, 5°, ci-dessus) est additionnée d'un grand excès : 20-25 cc. de permanganate alcalin (§ 14, p. 60) que l'on introduit par l'entonnoir E dont on a préalablement vaseliné le robinet avec soin (fig. 39, p. 90); on chauffe et on recueille le liquide distillé dans un ballon B jaugé à 55 cc. et contenant 5 cc. $SO^4H^2/_{10}$; on procède ensuite exactement de la manière indiquée page 91. Il arrive parfois que l'on est obligé, non seulement de pousser la distillation à siccité pour dégager tout l'azote à l'état d'AzH^3, mais encore qu'il peut être nécessaire de continuer l'action du permanganate en ajoutant des quantités variables d'eau pure.

D'après Wanklyn, Chapmann, Smith, etc., il suffirait de multiplier par 10 le poids d'AzH^3 ainsi obtenu, pour connaître le poids des matières organiques azotées en dissolution dans l'eau, mais cette règle est beaucoup trop absolue.

4° **Dosage colorimétrique.** — Si la quantité d'AzH^3 recueillie dans le ballon B était trop minime pour être dosée alcalimétriquement, on procéderait au dosage colorimétrique après addition de 5 ou 10 cc. NaO/10 dans le liquide.

Observation. — Le dosage des matières azotées par le permanganate de potasse alcalin, a été l'objet de nombreuses critiques. On a dit que le réactif n'attaquait pas toutes les matières ou ne décomposait qu'incomplètement certaines d'entre elles, les unes plus, les autres moins; que la durée de la réaction, le volume du réactif, son mode de préparation, la pureté des produits, etc., influent sur les résultats; enfin, on a ajouté que la quantité d'azote dégagée sous forme d'ammoniaque, n'était pas même en rapport avec la teneur de l'eau en matières albuminoïdes excrémentielles, c'est-à-dire facilement décomposables.

Que le procédé ne soit pas parfait, c'est incontestable, mais nous estimons que l'on a singulièrement exagéré les causes d'insuccès ou d'erreur. Il est évident, en effet, que si l'on fait usage de réactifs impurs, contenant des traces plus ou moins considérables d'ammoniaque, les résultats seront incontestablement erronés; mais on pourrait trouver singulier de voir critiquer la

méthode et non l'opérateur, qui seul serait en faute. Dire, d'autre part, que le procédé est mauvais sous prétexte que certaines substances telles que la strychnine ou la morphine, par exemple, ne cèdent qu'une partie de leur azote, que la caséine, la gomme, etc., ne sont décomposées qu'avec une très grande lenteur, c'est faire preuve à tout le moins d'un rigorisme absolument exagéré, des matières albuminoïdes de cette nature ne se rencontrant peut-être pas une fois sur mille dans les eaux potables.

Le seul reproche sérieux que l'on puisse, à notre avis, adresser au procédé de dosage des matières azotées par le permanganate, c'est qu'il ne permet point d'établir de distinction entre l'espèce, la nature et l'origine de ces matières.

V. — HYDROGÈNE SULFURÉ LIBRE OU COMBINÉ

1° **Recherche.** — Si l'on en croit les auteurs spéciaux, la présence des sulfures dans l'eau serait très nettement et très aisément décelée par la belle coloration violette que prendrait le liquide sous l'influence du nitroprussiate de soude. Voulant nous assurer de la valeur et de la sensibilité de cette réaction, nous avons dissous du sulfure calcique dans l'eau distillée et nous avons constaté, à notre grande surprise, qu'il n'en fallait pas moins de 25 milligrammes par litre pour produire la réaction dont il s'agit, alors qu'il suffit de 15 milligrammes — et même moins — pour rendre l'eau nettement odorante! En présence de semblables résultats, nous avons abandonné ce procédé et nous conseillons de le remplacer par le suivant, que nous avons imaginé et dont la sensibilité et l'exactitude ne laissent rien à désirer.

Dans un large tube d'essai ou un petit matras en verre mince d'une contenance approximative de 50 à 60 cc., on introduit 40 à 50 cc. d'eau à essayer, puis on ajoute 1 à 2 cc. HCl étendu de son volume d'eau et l'on ferme exactement le tube avec un bouchon en caoutchouc à un trou portant un petit tube de verre coudé à angle droit ou à peu près droit et dont le diamètre intérieur n'est pas inférieur à 9 ou 10 millimètres environ; on introduit dans ce tube, par l'extrémité libre et dans la branche horizontale, une bandelette de papier blanc à lettre imprégnée d'une

solution diluée de sous-acétate de plomb ammoniacal et encore humide, puis l'on chauffe doucement l'eau jusque vers 100° C., mais sans la faire bouillir; si elle contient des sulfures, ceux-ci seront décomposés par l'acide minéral ajouté et l'hydrogène sulfuré, en se dégageant sous l'influence de la température, réagira sur le papier réactif qu'il colorera plus ou moins fortement suivant la quantité de sulfures en solution. Ce procédé, très simple et facile à exécuter, nous a permis de constater la présence de moins de 1/10 de milligramme de sulfure calcique dans un litre d'eau.

Il est indispensable de suivre exactement la marche indiquée et notamment d'éviter l'ébullition de l'eau, car le jet de vapeur qui se dégagerait alors entraînerait trop rapidement, surtout s'il était un peu fort, les traces d'hydrogène sulfuré qui se dégagent, pour qu'elles puissent réagir sur le papier plombique.

Si la présence d'HS libre n'avait pas été décelée par l'examen organoleptique, on la constaterait comme il vient d'être dit, mais sans addition préalable d'HCl.

Toute eau qui donnerait lieu à la coloration du papier plombique, devrait être réputée mauvaise.

2° **Dosage.** — Est inutile au point de vue hygiénique; si on voulait l'exécuter, il suffirait de procéder d'une manière analogue à celle que nous indiquons au § VIII pour le dosage du plomb.

VI. — CARBURES D'HYDROGÈNE.

Nous avons vu que les gaz des marais et le gaz oléfiant peuvent se trouver dans certaines eaux contaminées par des matières organiques en putréfaction, par le gaz d'éclairage, par des poches à grisou, etc. Le mode de recherche le plus sûr, mais non toutefois le plus rapide, est le suivant : on prend 250 à 300 cc. d'eau à analyser et on les introduit dans un ballon de 350 à 400 cc. environ, que l'on met en communication, par l'intermédiaire d'un tube à gaz convenablement recourbé, avec une burette à robinet ou à pince— de préférence à robinet — d'une contenance de 50 ou de 100 cc., remplie d'un mélange de 40 ou de 90 cc. de soude ou de potasse caustiques à 10 p. c. et de 10 cc. de solution concentrée d'acide pyrogallique; on la renverse au-dessus d'une

cuvette quelconque dans laquelle on place un petit têt à gaz, servant de support à la burette. La cuvette peut être quelconque ; cristallisoir en verre, capsule en verre ou en porcelaine, etc.: on y verse à hauteur suffisante, c'est-à-dire jusqu'au dessus du têt, une solution de soude caustique à 4 ou 5 p. c. La burette est maintenue dans une position verticale par le moyen d'un support quelconque.

Tout étant en état, on chauffe doucement le ballon jusqu'à ce que le contenu entre en ébullition; celle-ci, qui doit être régulière et aussi douce que possible, est maintenue pendant quelques instants et, dans tous les cas, jusqu'à ce qu'il n'arrive plus de bulles de gaz dans la burette. On enlève celle-ci, en la soulevant légèrement, mais sans la sortir du liquide, puis on la ferme avec le doigt et on la porte, toujours fixée à son support, dans une grande éprouvette cylindrique à pied, remplie d'eau froide ordinaire mais préalablement bouillie, on l'y enfonce assez profondément pour que le niveau du liquide intérieur soit inférieur à celui du liquide de l'éprouvette et on la maintient dans cette position à l'aide du support. Cela fait, on ouvre un peu le robinet : le gaz s'échappe sous une légère pression due à la différence de niveau des deux liquides. En présentant à l'extrémité effilée de la burette une bougie allumée ou tout autre corps en ignition, la présence du ou des carbures d'hydrogène se manifestera par la production d'une flamme jaunâtre plus ou moins éclairante, et qui, écrasée sur un corps froid, un morceau de porcelaine blanche par exemple, y formera une tache noire.

La potasse caustique et l'acide pyrogallique remplissent un double but : en absorbant l'oxygène et l'CO^2, ils diminuent la dilution trop considérable des gaz inflammables et éloignent les dangers d'explosion d'un mélange d'O et de CH^4 ou de C^2H^4.

VII. — MATIÈRES FÉCALES ET URINES.

A la suite d'expériences assez nombreuses faites sur des eaux pures, expressément souillées par l'addition de quantités variables de matières fécales et d'urine, nous croyons que la méthode que nous allons décrire, jointe à l'examen microscopique des matières en suspension dans l'eau, permettra généralement au

chimiste de se prononcer en connaissance de cause sur la contamination dont il s'agit; nous nous hâtons d'ajouter, toutefois, qu'il se présentera souvent encore, malgré toutes les recherches, bien des cas pour la solution desquels on devra s'entourer de tous les commémoratifs extérieurs, tels que l'établissement, à proximité de la source d'eau à analyser, d'un égout, d'une fosse d'aisance, etc., l'apparition brusque d'une épidémie dont la cause échappe, l'éclosion et surtout la persistance, malgré le traitement suivi, d'une affection vermineuse, etc.

Au point de vue de l'analyse chimique, on traitera d'abord l'eau, soit directement, soit après distillation préalable, de la manière indiquée au chapitre III, p. 76; le résidu éthéré donnera notamment des indications qui pourront être de sérieuse valeur. Si l eau n'était que très légèrement odorante ou paraissait être inodore, on en soumettrait de 500 à 1000 cc. à la distillation et l'on traiterait de même les 50 ou 100 premiers cc. de liquide qui passeraient à la distillation. On évaporera ensuite au bain de sable et à chaleur modérée les 400 ou 500 cc. restant, dans une capsule en porcelaine blanche: lorsqu'il ne restera plus que quelques centimètres cubes de liquide au fond de la capsule, on y ajoutera 15 à 20 cc. d'alcool concentré chaud, on agitera pendant quelques instants, on ôtera la capsule du bain de sable, on laissera refroidir et déposer pendant quelques instants, puis on décantera sur un petit filtre humecté d'alcool; on obtiendra ainsi un résidu A, dont la partie restée sur le filtre sera retournée dans la capsule, et une solution alcoolique limpide B.

Le résidu A sera traité, à chaud, par 2 cc. environ de potasse caustique à 0.5 p. c., on agitera avec soin, on laissera reposer, puis on décantera la solution alcaline dans un grand verre de montre, on y ajoutera un léger excès d'acide azotique pur, étendu de son volume d'eau, et l'on chauffera doucement le mélange presque à siccité, en imprimant de temps en temps au verre un mouvement circulaire oblique, de manière à étaler le résidu sur la plus grande surface possible; on laissera refroidir légèrement puis on renversera le verre de montre sur un autre de même dimension, dans lequel on aura mis une ou deux gouttes d'ammoniaque concentrée. Si l'eau analysée est contaminée par l'urine, même en très petite quantité, l'ammoniaque

produira bientôt une coloration rouge pourpre magnifique, coloration qu'une goutte de solution aqueuse de potasse caustique *très diluée* ferait virer au bleu pourpre.

Cette réaction, due à la présence de l'acide urique, est caractéristique et très sensible : 100 cc. d'eau contenant 1 cc. d'urine par litre et laissée à l'air pendant trois jours, nous l'ont très nettement donnée.

Une ou deux gouttes de la solution alcoolique B seront évaporées sur un porte-objet; le résidu, additionné d'une goutte d'acide azotique étendu de son volume d'eau, pourra donner lieu à la production de cristaux caractéristiques de nitrate d'urée, que le microscope fera découvrir aisément. Cette réaction est moins sensible que la précédente et elle est aussi moins fidèle par suite de l'instabilité de l'urée, dont la décomposition dans l'eau est toujours assez rapide, surtout dans certaines circonstances.

Le restant de la solution alcoolique sera évaporé à une température inférieure à 70° C. et le résidu divisé en deux portions à peu près égales. L'une, C, sera dissoute dans la plus petite quantité possible d'eau distillée chaude, l'autre, D, sera traitée par la potasse et l'ammoniaque caustiques, de la manière qui sera indiquée ci-après.

Une ou deux gouttes de la solution C, placées dans une petite capsule en porcelaine ou même simplement sur un morceau de capsule, seront additionnées de deux gouttes d'acide sulfurique concentré pur et d'une goutte de solution sucrée très diluée (1 gramme de sucre pour 1000 cc. d'eau), puis chauffées doucement jusque vers 65 à 70° C. au plus — cette dernière température ne devra jamais être dépassée — puis refroidies. Une coloration rouge, passant au rouge pourpre, puis au violet pourpre, indiquera la présence des acides biliaires et sera caractéristique de la contamination uro-fécale. Il est indispensable que la teinte *violet pourpre* soit manifeste — elle augmente par refroidissement — car certains albuminoïdes, acides gras, etc., donnent également lieu à une coloration rouge dans les mêmes circonstances. Au reste, cette dernière teinte, fût-elle même la seule, devra faire suspecter fortement la qualité de l'eau. En cas de doute, l'examen spectroscopique permettra souvent de se pro-

noncer avec certitude sur la nature de la réaction (fig. 41, 42 et 46 ci-contre).

Le reste de la solution C sera versé dans un petit tube à essai, contenant 1 cc. environ d'acide azotique concentré pur additionné d'une goutte d'acide nitreux. L'eau devra être versée le long des parois du tube et lentement, de manière à surnager l'acide avec lequel elle ne devra pas se mêler; on se servira avantageusement, dans ce but, d'une pipette à bout recourbé. Le tube sera ensuite mis de côté et en repos pendant quelques instants, parfois même quelques minutes, après quoi on examinera s'il ne se forme point, dans la zone de séparation des deux liquides, des anneaux colorés se succédant de haut en bas dans l'ordre suivant : vert, bleu, violet, rouge et jaune, ce qui indiquerait la présence de pigments biliaires dans l'eau, et serait également caractéristique de l'altération uro-fécale. Dans cette réaction, qui est très sensible, les teintes bleue, violette et rouge manquent parfois ou passent inaperçues, mais le vert et le jaune existent toujours, le premier surtout. Il est indispensable de suivre exactement les indications relatives aux manipulations qui précèdent et notamment de ne faire usage que d'acide azotique légèrement nitreux, sinon les anneaux colorés apparaîtraient même en l'absence de pigments biliaires dans l'eau.

Le résidu D, étalé dans un verre de montre placé sur un morceau de papier blanc, sera additionné d'une goutte d'ammoniaque et d'une goutte de potasse caustique, en ayant soin de mettre la première goutte aussi loin que possible de la seconde. Si l'eau contenait des matières fécales ou de l'urine, l'ammoniaque donnera lieu à une coloration d'un jaune d'or pâle, plus ou moins nette, et la potasse, à une coloration brun rougeâtre passant promptement au jaune; si l'on ajoute alors quelques gouttes d'eau et si l'on agite de manière à bien mélanger le tout, on obtiendra une solution jaune qui, examinée au spectroscope, pourra montrer les bandes d'absorption des matières colorantes biliaires, des pigments stercoraux et urinaires — et aussi de la chlorophylle — en solution alcaline (fig. 43, 44, 45, 47 et 48).

Ici encore, l'examen spectroscopique est indispensable, car la coloration jaune dont il vient d'être parlé, coloration que je crois être le premier à signaler, ne me paraît nullement caractéristique.

Tout ce que je puis dire, c'est que je l'ai constamment obtenue avec diverses eaux dans lesquelles j'ajoutais de petites quantités

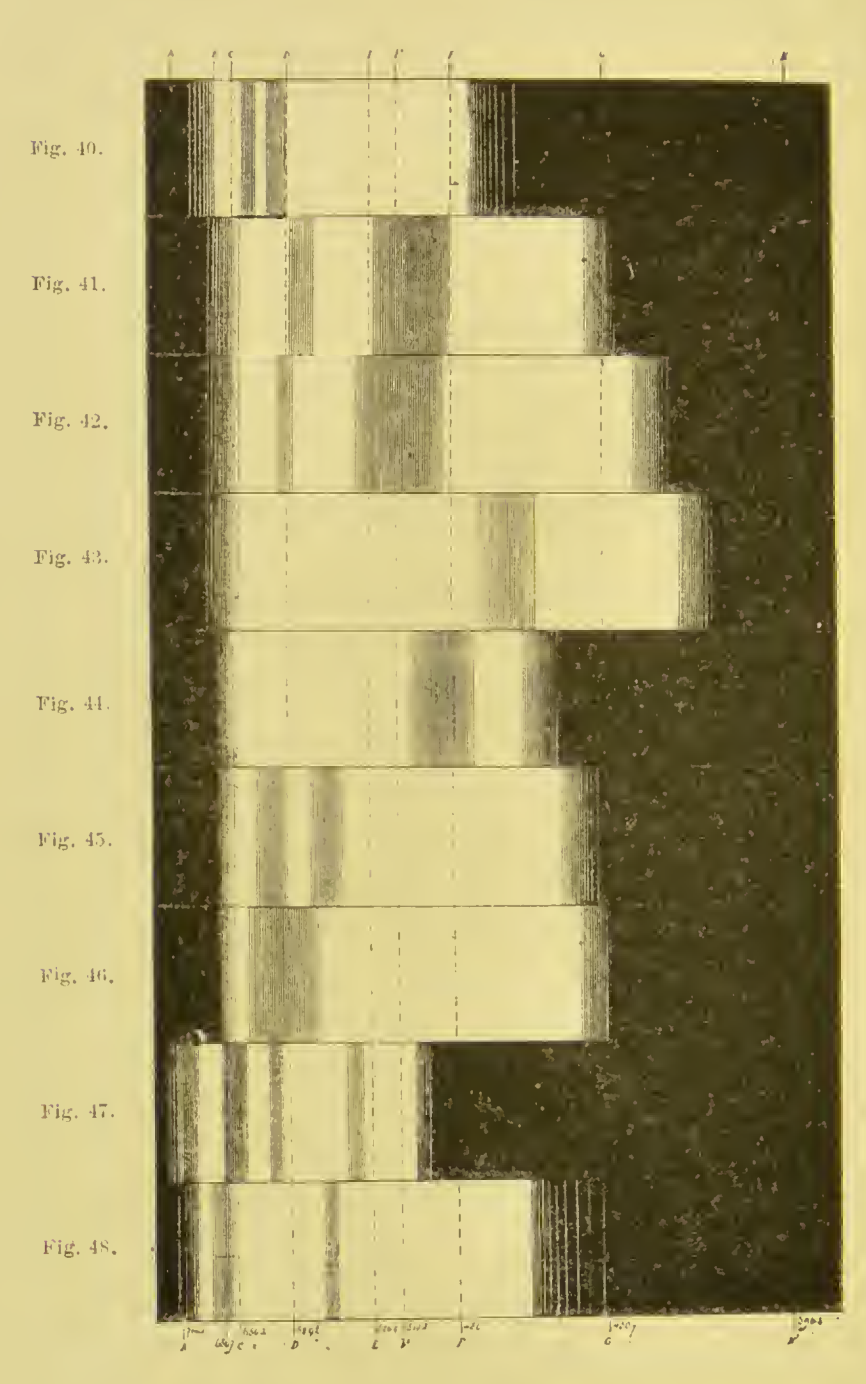


Fig. 40.
Fig. 41.
Fig. 42.
Fig. 43.
Fig. 44.
Fig. 45.
Fig. 46.
Fig. 47.
Fig. 48.

d'urine ou d'une solution d'un extrait aqueux de matières fécales que j'avais préparé spécialement pour ces recherches, alors que le résidu d'évaporation des dites eaux, non préalablement con-

taminées, ne la donnait pas; mais cela est tout à fait insuffisant pour que l'on puisse considérer cette coloration comme étant caractéristique, toutes les matières organiques en voie de décomposition paraissant susceptibles de la produire. Elle pourrait donc tout au plus caractériser la présence de ces matières, sans en indiquer autrement l'origine, ce qui ne serait du reste pas insignifiant, vu le manque de réactions spéciales et la facilité avec laquelle elle peut être produite.

L'examen microscopique de quelques gouttes d'eau et des matières qu'elle tiendrait en suspension, complètera la série des recherches chimiques, dont nous venons de parler. Nous indiquerons ultérieurement la marche à suivre pour cet examen.

Le procédé Musculus ne nous ayant donné aucun résultat, nous n'en parlerons pas.

VIII. — SELS MÉTALLIQUES.

Pour déceler leur présence, on fera évaporer au bain de sable 250 à 300 cc. d'eau préalablement additionnée d'un très léger excès d'acide chlorhydrique dilué, jusqu'à réduction à 25 ou 30 cc., on laissera refroidir pendant quelques instants, on filtrera si c'est nécessaire et on divisera le liquide ainsi obtenu en deux parts A et B, dont l'une doit être à peu près double de l'autre. Celle-ci, A par exemple, sera introduite dans un petit tube à essai, additionnée d'un léger excès d'hydrogène sulfuré

Les figures 40 à 48 ci-contre représentent les spectres d'absorption des diverses solutions suivantes, savoir :

Figure 40. Solution alcoolique de chlorophylle très diluée et traitée par la potasse.

Figures 41 et 42. Solution aqueuse de sels biliaires, traités par le réactif de Pettenkofer.

Figure 43. Solution alcoolique du résidu d'une eau contaminée par l'urine.

— 44 et 45. — — — — des fèces de diverses origines.

Figure 46. Solution aqueuse d'acides biliaires traités par le réactif de Pettenkofer.

Figure 47. Solution alcoolique acide de pigments stercoraux.

— 48. — aqueuse du résidu D traité par la potasse et l'AzH^3.

pur, légèrement agitée puis examinée; si l'eau à analyser contenait du plomb, du cuivre ou tout autre métal dont les sulfures sont insolubles dans l'acide chlorhydrique dilué, on observerait la formation d'un précipité, d'un trouble ou d'une coloration plus ou moins intenses suivant les quantités de sels métalliques qui s'y trouvent : un précipité si, par exemple, elle contient plus de 10 milligrammes de plomb par litre, un trouble s'il n'y en a que la moitié et enfin une coloration si la quantité est moindre encore. Cette réaction, qui est presque aussi sensible pour le cuivre que pour le plomb, permet de décéler la présence de moins de 2 dixièmes de milligramme de ce métal par litre d'eau, celle-ci étant préalablement réduite au dixième de son volume; il suffit, pour atteindre cette limite, de faire usage d'un tube à essai dont le diamètre ne dépasse pas 8 à 10 millimètres, de le poser au-dessus d'une surface blanche bien éclairée et de regarder le liquide de haut en bas, en plaçant, au besoin, à côté un tube de même dimension contenant une quantité d'eau distillée pure égale à celle du liquide examiné et additionné de quelques gouttes d'hydrogène sulfuré.

Lorsque, dans ces conditions, la réaction est négative, on peut conclure à l'absence de sels plombiques, cupriques ou autres et passer à la recherche du fer, du zinc, etc., en additionnant la moitié environ du liquide B de quelques gouttes d'une solution ammoniacale concentrée de chlorure d'ammonium, puis d'un très léger excès de sulfure d'ammonium incolore: si l'eau contient plus de 1/2 milligramme de fer par litre, on percevra très nettement, après quelques minutes de contact, une coloration jaune verdâtre très nette en regardant le tube de haut en bas; avec 1 à 2 milligrammes par litre, la coloration se perçoit immédiatement; avec 10 milligrammes, il se produit un léger trouble qui disparaît par agitation et laisse une solution fortement colorée en jaune verdâtre. Si l'eau ne contenait pas de fer, mais seulement du zinc, du manganèse ou de l'aluminium, le sulfure d'ammonium donnerait lieu à la formation d'un trouble blanc ou blanc rougeâtre plus ou moins prononcé; toutefois, cette réaction est beaucoup moins sensible que les précédentes : c'est à peine si on peut la percevoir avec 4 à 5 milligrammes de zinc par litre d'eau, préalablement réduite au dixième de son volume.

Pour la recherche du *fer* seul, il est inutile de concentrer l'eau; il suffit de la traiter, après filtration, par quelques gouttes d'HCl *pur* et surtout bien exempt de fer, puis d'y ajouter 5 ou 6 gouttes d'une solution aqueuse de sulfocyanure de potassium pur à 10 p. c., assez fraîchement préparée. Si l'eau contient des traces de fer : 1/50ᵉ de milligramme et même moins par litre, on observera, au bout de quelque temps, une coloration orangée très pâle mais bien visible en regardant le tube de haut en bas; avec 0.1 à 0.2 milligrammes, cette coloration apparaîtra instantanément; avec 1 à 5 milligrammes, on observera un léger trouble formé de stries plus ou moins fines et dont la teinte variera du rose brun pâle au rouge brun clair; enfin, si l'eau contient plus de 5 à 6 milligrammes par litre, le sulfocyanure produira un précipité d'intensité et de coloration variables avec la proportion du métal dissous.

La recherche directe du *zinc* peut s'exécuter à l'aide du ferricyanure de potassium, lequel donnera lieu à la formation d'un précipité ou d'un trouble jaune orange, mais seulement lorsqu'il y a des quantités assez grandes de métal en dissolution : 10 milligrammes par litre ne donneraient lieu qu'à une légère teinte blanc-jaunâtre, visible seulement en regardant le tube de haut en bas et après plusieurs minutes de contact. La réaction de l'azotate de cobalt sur le résidu sec d'une eau contenant des sels de zinc n'est pas recommandable.

Pour découvrir le *manganèse*, on évaporera à siccité 2 ou 3 cc. du liquide B, on ajoutera au résidu très peu de bioxyde de plomb pur, puis 5 ou 6 cc. d'acide nitrique pur dilué et on chauffera doucement : une coloration cramoisie de la solution indiquera la présence des sels de manganèse.

L'*alumine* pourra être décelée par le sulfate de potasse en solution concentrée, lequel produira, parfois seulement à la longue, un précipité ou un trouble dus à la formation d'alun.

L'eau exempte de fer et qui se colore par l'HS doit être rejetée comme impropre à la boisson et aux usages domestiques; celle qui, dans les mêmes conditions, donne lieu à la formation d'un précipité blanc ou blanc rosé par le sulfure d'ammonium, sera également proscrite si la réaction est due à des sels de zinc et tenue pour suspecte s'il s'agit d'autres sels.

2° **Dosage des sels métalliques.** — Il est décrit dans tous les traités d'analyse chimique et notamment dans l'ouvrage, à si juste titre classique, de Frésénius; il serait donc parfaitement inutile et même superflu d'en parler ici, si nous n'estimions nécessaire d'appeler l'attention du lecteur sur les précieux avantages du dosage colorimétrique dont nous avons parlé plusieurs fois déjà : facilité, rapidité, exactitude, haute sensibilité, telles sont les qualités de la méthode... que nous n'avons pas imaginée, mais à laquelle il nous sera permis de dire que nous avons prêté un très sérieux appui, non-seulement par les quelques applications que nous signalons, mais encore et surtout par l'introduction, dans la pratique des analyses, d'un colorimètre à bas prix.

Pour effectuer la plupart des dosages de sels métalliques dans les eaux potables, on préparera des solutions types très diluées de chacun des dits sels purs et l'on traitera un volume déterminé de ces solutions par un volume également déterminé des réactifs que l'on choisira; on agira exactement de la même manière avec l'eau à analyser et l'on comparera les teintes obtenues en procédant d'après les indications données pages 44 et 80.

Le fer sera dosé par le sulfocyanure d'ammonium; on préparera une liqueur type contenant exactement 0^{gr}025 Fe par litre. Pour le cuivre, l'iodure de potassium est très convenable : d'après H. Thoms (1), il déterminera encore une coloration jaune faible, virant au bleu franc par addition de quelques gouttes d'empois d'amidon, dans une eau ne contenant que 1/200000 de sulfate de cuivre et elle est encore perceptible même avec 1/400000, mais seulement après quelques minutes.

Il est nécessaire, toutefois, — et c'est là une pierre d'achoppement — que l'eau ne contienne aucune substance capable de décomposer l'iodure avec mise en liberté d'iode.

Quant au plomb, il sera dosé par l'HS; comme liqueur type, on prendra une solution très diluée d'acétate neutre cristallisé pur.

(1) Pharm. centrale, 1890, p. 30.

IX. — SULFOCYANURES ALCALINS.

On les découvrira très aisément en ajoutant à l'eau préalablement réduite au dixième environ de son volume, décantée ou filtrée s'il y a lieu, puis acidifiée légèrement par une goutte d'acide chlorhydrique dilué, quelques gouttes de perchlorure de fer en solution aqueuse très diluée qui donneront lieu à une coloration rouge brun plus ou moins intense suivant la quantité de sulfocyanure contenue dans l'eau. Pour que cette réaction soit caractéristique, il ne faut pas qu'elle disparaisse par l'addition d'acide chlorhydrique concentré, même en grande quantité, tandis qu'elle sera détruite par quelques gouttes d'acide azotique, surtout à chaud. L'acide oxalique la détruit également, mais une nouvelle addition de sel ferrique la fait réapparaître.

Ici encore, le dosage colorimétrique est tout indiqué.

X. — MATIÈRES ORGANIQUES.

Le dosage des matières organiques a longtemps exercé la sagacité des chimistes, mais le plus grand nombre d'entre eux ont fini sinon par s'en désintéresser complètement, tout au moins par le considérer comme absolument secondaire.

Non pas qu'ils en méconnaissent, à beaucoup près même, la haute importance, mais comme aucun des procédés imaginés jusqu'ici ne permet de séparer, même avec une très grande approximation, les diverses matières organiques d'origine animale et végétale, il en résulte que les conclusions que l'on peut tirer des résultats de l'analyse n'ont aucune signification hygiénique précise; en effet, l'eau peut contenir une proportion relativement considérable de matières organiques végétales sans cesser d'être inoffensive, alors que des quantités insignifiantes de substances animales suffisent pour la rendre impropre à la boisson ou aux autres usages domestiques. Dans ces conditions, nous nous bornerons à indiquer : 1° le procédé Kubel-Tiemann, adopté officiellement par le *Congrès international d'hygiène de 1885* et basé sur l'emploi du permanganate de potasse en solution acide, et 2° celui que nous avons imaginé et que nous employons dans nos

recherches en analyses scientifiques. Nous dirons cependant quelques mots du procédé Schulze-Tromsdorff, que nous avions particulièrement recommandé dans la première édition de cet ouvrage et que nous n'avons délaissé qu'à regret et pour contribuer à l'uniformité des méthodes.

1° **Procédé Kubel-Tiemann.** — 100 cc. d'eau filtrée sont introduits dans un ballon ou une fiole d'Erlenmayer en verre mince, d'une contenance de 250 à 300 cc. et y additionnés de 3 cc. $SO^3 2$ et de 10 cc. de caméléon (§ 22°, p. 63); le ballon sera chauffé au bain de sable et y maintenu exactement pendant 10 minutes à partir de l'instant où le liquide entre en ébullition. On retire du feu, on le laisse refroidir jusque vers 60°C, on ajoute 10 cc. de solution oxalique N/100 (§ 21°, p. 63), on laisse réagir, en agitant fréquemment, jusqu'à décoloration complète du mélange, puis on y fait couler goutte à goutte et en agitant continuellement de la solution de permanganate jusque légère teinte rouge-rosé persistant pendant au moins 5 minutes. On lit sur la burette le nombre de centimètres cubes et fractions de centimètres cubes employés dans ce but, soit par exemple 4^{cc}2 ou 42 cc. par litre.

La quantité de matières organiques dissoutes dans l'eau analysée correspond donc, si le titre de la solution permanganique est exact : 1° à $42 \times 0{,}00063$ ou 0^{gr}0265 acide oxalique cristallisé ; 2° à $42 \times 0^{mgr}08$ ou 3^{mgr}36 oxygène.

Remarques importantes. — *a)* Si l'eau analysée réduisait, dans les conditions indiquées plus haut, plus de 3 à 4 cc. de solution permanganique pour 100 cc. de liquide, il faudrait recommencer l'analyse soit en prenant plus de permanganate, 15, 20, 25 cc. ou plus encore si c'est nécessaire, soit et mieux encore à notre avis, en n'opérant que sur 50, 25 et même 10 cc. d'eau, que l'on porte à 100 cc. par addition d'eau pure.

b) Si pendant ou même avant l'ébullition, le contenu du ballon se décolorait plus ou moins complètement, il faudrait recommencer le dosage sur *10* cc. ou *20* cc. d'eau suivant l'intensité de la décoloration du liquide primitif.

Dans ce cas, de même du reste que dans le précédent, on tiendra naturellement compte de cette diminution de volume dans les calculs.

c) Parmi les substances inorganiques qui réagissent sur le caméléon, le fer et l'acide nitreux doivent attirer tout spécialement l'attention de l'analyste en raison de leur fréquence relative et de leur pouvoir réducteur énergique. Lors donc que l'eau contiendra soit l'un ou l'autre de ces éléments, soit l'un et l'autre à la fois, il faudra ou bien les séparer au préalable ou bien déduire du volume de permanganate employé celui qui correspond à la quantité de ces deux éléments en dissolution dans l'eau, soit 1 cc. pour $0^{mgr}19$ Az^2O^3 ou pour $0^{mgr}56$ Fe.

d) On a conseillé de recommencer plusieurs fois les dosages et de prendre la moyenne des résultats obtenus; à ne considérer les choses qu'au seul point de vue analytique, c'est, en effet, indispensable, mais au point de vue hygiénique, le seul important ici, c'est *absolument inutile*, 1 ou 2 cc. et même davantage de caméléon en plus ou en moins n'ayant aucune importance. Du reste, avec un peu d'habitude et en observant à la lettre les prescriptions relatives au dosage, il est rare que les différences entre deux opérations consécutives soient, à beaucoup près même, aussi considérables.

e) La durée de l'ébullition a une sérieuse importance, le permanganate continuant à réagir avec le temps; aussi est-il indispensable de la limiter exactement au temps indiqué, soit 10′ et de chauffer franchement, c'est-à-dire sur un brûleur au moyen d'un bec Bunsen largement ouvert ou sur une forte lampe à alcool.

2° **Procédé Schülze-Tromsdorff.** — Ne diffère du précédent que par l'emploi de soude caustique au lieu d'acide sulfurique : en d'autres termes, la décomposition des matières organiques par le permanganate a lieu en milieu alcalin et non en milieu acide, comme dans le procédé Kubel-Tiemann.

On admet généralement que la réaction est plus énergique, la décomposition plus profonde et plus complète.

C'est ainsi, par exemple, que M. Lajoux, de Reims, comparant les deux procédés, a trouvé des chiffres cinq à six fois plus forts avec celui de Schülze qu'avec le Kubel. Des résultats analogues, bien que moins discordants cependant, ont été signalés ailleurs et notamment au Congrès d'hygiène de 1885.

Nous ne nous permettrons pas de mettre un seul instant en

doute leur exactitude absolue, mais il nous sera permis d'ajouter qu'il ne nous a pas encore été possible au cours de nos recherches systématiques, assez nombreuses déjà, d'observer des différences à beaucoup près aussi considérables.

Ainsi, un échantillon d'eau de Welde, provenant d'un sol tourbeux et ferrugineux, échantillon que je dois à l'obligeance de M. Crispo, d'Anvers, et dont la teneur en matières humiques était très élevée, titrait 740 cc. permanganate par litre après traitement en liqueur alcaline, et 738 cc., fer compris, en liqueur acide.

Trois autres échantillons d'eau d'Ostende (distribution), d'eau de Bornem et d'Arlon (puits) m'ont également donné des résultats pratiquement identiques. Enfin de l'eau contaminée par des matières fécales fraîches et titrant 520 cc. permanganate par litre lorsqu'on la traitait par le procédé Kubel, ne donnait que 568 cc. par la soude caustique.

Par contre un mélange de cette eau et d'eau de Welde à parties égales, titrait 640 cc. permanganate dans le premier cas et 800 dans le second.

Ce dernier résultat présente cette particularité assez curieuse, qu'il est supérieur à celui obtenu avec de l'eau de Welde non mélangée, alors qu'il devrait lui être notablement inférieur : $\frac{568+740}{2}=654$ cc., chiffre qui s'éloigne peu du reste de celui trouvé par le procédé Kubel : 640 cc.

Il ne peut être permis de tirer une conséquence quelconque d'un fait isolé, mais on peut cependant faire remarquer que la présence des matières azotées d'origine excrémentitielle, semble avoir pour résultat d'activer ou d'augmenter la décomposition des matières organiques d'origine végétale. Il serait important de contrôler cette expérience, faite au même moment, avec les mêmes réactifs et dans les mêmes conditions que toutes celles dont nous venons de parler.

4° **Procédé Zune** (1). — On évapore 500 cc. à 1,000 cc.

(1) Applicable seulement lorsque l'eau ne contient pas (ou peu) de nitrates ou de sels ammoniacaux; dans le cas contraire, on le combinera avec le procédé indiqué page 96 pour la recherche des matières fécales et de l'urine.

d'eau dans un petit gobelet A en verre mince d'une contenance de 100 cc. environ, chauffé au bain de sable et un peu en dehors du rayon direct de la flamme. Lorsque le liquide est réduit à 15 ou 20 cc. au plus, on enlève le gobelet et on le met de côté pendant environ une heure ou plus si nécessaire, de manière à bien tasser au fond le précipité qui aurait pu se former, puis on décante, dans un second gobelet B, semblable au premier, le liquide clair surnageant, on verse en A 4 ou 5 cc. d'alcool dilué (alcool absolu et eau : *ââ*) on agite, on laisse en repos et on décante de nouveau dans le verre B.

Il importe peu qu'il reste des traces d'alcool en A ou qu'il passe un peu de précipité en B, cependant il vaut mieux qu'il n'en soit pas ainsi.

On additionne ensuite les liquides de trois à quatre fois leur volume d'alcool à 94-95°, on agite fortement, puis on laisse en repos jusque éclaircissement aussi complet que possible ; pendant ce temps on chauffera s'il y a lieu (c'est-à-dire s'il y a un précipité), le gobelet A dans l'étuve à air, vers 100° C, jusque dessiccation complète, on pèsera après refroidissement dans l'exsiccateur, puis on chauffera doucement de manière à détruire les matières organiques peu solubles précipitées pendant l'évaporation de l'eau. La différence de poids, s'il y en a une, pourra être considérée comme due à des matières organiques peu solubles ; toutefois avant de conclure ainsi, il faudra s'assurer si tous les sels formant le précipité deviennent complètement anhydres à 100° et si, d'autre part, la calcination ne leur fait point subir de décomposition, questions que l'analyse qualitative — qui doit toujours précéder toute analyse quantitative — permettra de résoudre aisément.

Le précipité formé par l'alcool étant traité de la même manière donnera le poids des matières organiques solubles dans l'eau seulement.

Enfin, l'évaporation ménagée du liquide alcoolique laissera un nouveau résidu qui, séché, pesé, calciné et pesé de nouveau donnera le poids des matières organiques solubles dans l'alcool.

Il va sans dire que l'observation ci-dessus, relative à la nature des composants de ces deux derniers précipité et résidu, est surtout applicable ici.

Disons en passant que le traitement, par l'alcool concentré, du résidu obtenu par évaporation au bain-marie de 1000 à 2000 cc. d'eau préalablement additionnée de la quantité d'acide sulfurique *strictement* nécessaire pour décomposer les carbonates, peut être très utile au chimiste appelé à se prononcer sur la valeur d'une eau potable, la solution alcoolique obtenue renfermant généralement la presque totalité des matières nuisibles ou réputées telles.

Pour compléter ces recherches, on procédera, si c'est nécessaire, au dosage de l'azote dans chacun des groupes organiques séparés comme il vient d'être dit, soit par le permanganate de potasse, soit par la méthode Kjeldahl. C'est, croyons-nous, le seul procédé qui permette de se prononcer sur la nature ou l'origine des diverses matières organiques en dissolution dans l'eau et de déterminer les proportions de chacune d'elles ou tout au moins des deux grands groupes de matières animales et végétales; malheureusement il est très long et assez délicat.

XI. — ACIDE SILICIQUE.

500 à 1000 cc. d'eau — ou plus s'il y a lieu — sont additionnés d'un léger excès d'acide chlorhydrique pur et évaporés à sec, dans une capsule en platine de 200 à 250 cc. au bain-marie ou au bain de sable, en prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter des pertes; la capsule, que l'on munit alors de son couvercle, est rapprochée du centre de la flamme de manière à volatiliser l'excès d'acide et à détruire les matières organiques ainsi que les sels ammoniacaux. Cette opération demande à être surveillée de près afin d'éviter les projections et la volatilisation d'un peu de chlorure sodique. (Si l'eau était riche en nitrates, il faudrait remplacer la capsule en platine par une capsule en porcelaine de Berlin.) On note le poids du résidu ainsi obtenu, puis on le traite dans la capsule par 20 à 25 cc. d'eau chaude acidulée par quelques gouttes d'acide chlorhydrique, on laisse digérer pendant une heure environ, on filtre sur un petit filtre dont le poids des cendres est nul, on lave le filtre et la capsule avec quelques centimètres cubes d'eau distillée chaude et on réunit les eaux de lavage au liquide primitif. Quant au filtre, on le sèche

dans la capsule ou mieux dans le couvercle, on le brûle et le calcine dans la capsule préalablement séchée, on refroidit et l'on pèse. Du poids ainsi obtenu, il suffit de déduire la tare de la capsule pour obtenir le poids de la silice. S'il était très élevé ou si l'on avait des raisons de croire à la possibilité d'impuretés, il faudrait traiter le résidu silicique par le fluorure d'ammonium et l'acide sulfurique, de manière à en vérifier la pureté et à rectifier, au besoin, le chiffre obtenu.

XII. — ACIDES CRÉNIQUE ET APOCRÉNIQUE.

On fait bouillir pendant environ une heure avec de la lessive de potasse, une grande partie du précipité qui s'est formé pendant l'évaporation de l'eau, on filtre, on acidule le liquide filtré avec de l'acide acétique, on ajoute de l'ammoniaque, on filtre le précipité de silice et d'alumine qui se dépose en général au bout de 12 heures, on ajoute de nouveau de l'acide acétique jusque réaction acide, puis de l'acétate neutre de cuivre. S'il se forme un précipité brun, c'est de l'*apocrénate* de cuivre, qui, suivant *Mulder*, retient des proportions variables d'ammoniaque et contient 42.8 p. c. d'oxyde de cuivre après dessiccation à 140° C.

On additionne de carbonate d'ammoniaque le liquide séparé par filtration, jusqu'à ce que la couleur verte soit devenue bleue et l'on chauffe. S'il se forme un précipité vert bleuâtre, c'est du *crénate* de cuivre qui, séché à 140°, renferme, d'après *Mulder*, 74.12 p. c. d'oxyde de cuivre. (*Traité d'analyse quantitative de Frésénius*, 5e édit. franç., p. 758).

XIII. — MATIÈRES EN SUSPENSION.

Après avoir noté les caractères physiques de l'eau à analyser, on verse sur un filtre double taré sec tout ou partie de l'échantillon reçu. On lave le ou les flacons et le filtre avec de l'eau distillée, jusqu'à ce que le liquide de lavage soit complètement volatil, on sèche dans l'étuve à air vers 105-110C, on refroidit sous l'exsiccateur et on pèse : la différence de poids des deux filtres, qui était primitivement nulle, donne la quantité de matières en suspension.

CHAPITRE V.

RECHERCHE ET DOSAGE DES ÉLÉMENTS NORMAUX

I. — RÉSIDU SEC.

1° **Dosage approximatif.** — Le dosage de la totalité des substances en dissolution dans l'eau n'a pas une bien grande importance au point de vue hygiénique, aussi est-il tout à fait inutile de l'entourer des minutieuses précautions qu'exige une détermination précise, scientifique.

Le mieux est d'évaporer 200 à 300 cc. de liquide filtré dans une capsule en platine tarée ou, à défaut, dans une capsule en nickel chauffée au bain de sable; lorsqu'il ne reste plus qu'une légère couche d'eau au fond de la capsule, on achève la dessiccation à l'étuve à air vers 110° C, on refroidit et l'on pèse. On peut contrôler les résultats par une seconde pesée de la capsule chauffée de nouveau pendant 25 à 30′, mais c'est inutile.

2° **Dosage exact.** — Il n'est possible que par l'emploi d'une étuve à vide, mais cependant on peut avec quelques précautions, obtenir des résultats très approchés en procédant comme suit.

20 cc. d'eau filtrée sont introduits dans une capsule en platine à fond plat, de 7 à 8 centimètres de diamètre sur 10 à 12 millimètres de hauteur, posée sur un plan de verre dépoli; on recouvre le tout d'une cloche tubulée à bord rodé et on porte dans une étuve à eau ouverte par le haut et chauffée vers 35 à 40° C. La cloche est mise en communication, au moyen d'un bouchon en caoutchouc à 2 trous et de tubes à gaz coudés à angle droit, d'une part avec deux éprouvettes à dessiccation contenant des fragments de pierre-ponce imbibés pour l'une de potasse caustique en solution concentrée et pour l'autre d'acide sulfurique concentré et, d'autre part, avec une trompe à eau.

Le tube qui amène l'air desséché dans la cloche doit presque affleurer le liquide à évaporer et être légèrement coudé à son extrémité, de telle sorte que l'air arrive obliquement à la surface de l'eau.

Lorsque l'évaporation est presque complète, on place dans la cloche, sous la capsule, un petit récipient contenant de l'acide sulfurique ou de l'acide phosphorique anhydre, puis on fait le vide aussi complètement que possible. L'appareil est laissé dans l'étuve, mais la température est légèrement abaissée pendant toute la durée de la dessiccation : vers 30° C. Au bout de 24 heures, on laisse rentrer de l'air *sec*, on enlève la capsule, on la couvre, on laisse refroidir un instant dans l'exsiccateur à acide sulfurique, puis on pèse à 1/10e de milligramme près et on multiplie par 50 pour rapporter les chiffres au volume habituel, soit 1000 cc.

Le résidu ainsi obtenu comprend les sels minéraux et autres et les matières organiques amorphes. Les premiers sont toujours à l'état hydraté où à l'état anhydre, suivant qu'ils cristallisent avec ou sans eau de cristallisation, tandis qu'en desséchant à l'étuve à 105, 110, 120, 160 ou 180° C — toutes températures préconisées par divers auteurs – on volatilise souvent une partie des matières solides, sels ammoniacaux, urée, etc., et on ne fait disparaître toute l'eau de cristallisation que si l'on opère la dessiccation à 180 ou 200° C. au moins, température à laquelle certains sels, nitrites, nitrates, etc., se décomposent partiellement, au moins dans certaines circonstances.

Lorsque l'on dispose d'une étuve à vide (IIIe part., chap. II, § III) et de plusieurs capsules en platine, on peut exécuter en 48 heures au plus et à la température de 30° C. un assez grand nombre de dosages à la fois. Voici comment nous procédons.

Nous introduisons dans chacun des compartiments à vide de notre étuve une cuvette rectangulaire en verre ou en porcelaine, analogue à celles employées en photographie, que nous remplissons à moitié d'un mélange d'acide sulfurique *concentré* pur et d'acide phosphorique anhydre (SO^3 anhydre est trop incommode à manier) et que nous recouvrons d'une toile métallique à *très larges* mailles, sur laquelle sont posées les capsules contenant 1 à 2 cc. au plus de l'eau (ou des liquides) à évaporer. On ferme hermétiquement les hublots et on fait le vide aussi complet que possible dans les compartiments, l'étuve étant chauffée vers 30° C. jusque dessiccation complète, soit pendant

24 à 48 heures, suivant la nature des liquides (pour les eaux douces 24 heures suffisent).

Afin d'activer aussi complètement que possible la dessiccation, il est nécessaire :

1° De s'assurer de temps à autre si le vide se maintient et, dans la négative, de faire fonctionner la trompe ou la machine pneumatique.

2° D'employer un grand excès des substances desséchantes.

Pesée du résidu. — Nous avons indiqué pages 32 et suivantes les précautions à prendre pour procéder aux pesées de précision, nous n'y reviendrons donc plus ici, mais nous insisterons cependant sur ce point, que les erreurs, si minimes soient-elles, se multiplient par 500 ou par 1,000. Il est donc bien nécessaire de s'assurer que les résidus ne perdent plus de leur poids par un nouveau séjour de 2 à 3 heures à l'étuve, dans le vide.

II. — RÉSIDU FIXE.

Le résidu sec, obtenu par évaporation de 200 à 300 cc. d'eau, est calciné à une douce chaleur et assez lentement pour que l'on puisse observer les phénomènes produits par l'action du feu : vapeurs odorées, colorantes, de charbon, etc.

D'après M. Crispo, les résidus secs qui contiennent beaucoup de sels minéraux : chlorures, sulfates, nitrites et nitrates, perdent 1/5 à 1/10 de leur poids à la calcination, tandis que les eaux chargées de matières organiques perdent moins. Il en résulterait que le dosage des matières organiques par la chaleur donnerait des résultats illusoires et complètement faux.

Cette observation et cette conclusion ne sont pas nouvelles, mais leur confirmation n'était pas inutile. Cependant, il ne faudrait pas non plus prendre les choses trop au pied de la lettre, le fait de la volatilisation ou de la décomposition de certains sels minéraux : carbonates, chlorures, nitrates et même sulfates, etc., étant surtout une conséquence d'un chauffage défectueux, trop rapide et trop énergique, ou encore de la présence d'une *grande quantité* de substances organiques difficiles *à brûler;* il suffit, dans ce dernier cas, de prendre moins de liquide ou d'ajouter dans la capsule quelques centimètres cubes d'alcool

fort au moment où il ne reste plus que 2 ou 3 cc. d'eau à évaporer. En mélangeant bien, au moyen d'une petite spatule tarée que l'on peut laisser dans la capsule, on répartit uniformément le résidu en une couche mince sur tout le fond du vase et on évite la formation de petits amas difficiles à calciner.

La perte due à la décomposition des carbonates alcalino-terreux est réparée par l'addition au résidu fixe de 1 à 2 cc. d'une solution concentrée de carbonate d'ammoniaque pur; on évapore à sec, puis on chauffe doucement pour volatiliser le sel ammoniacal. La transformation des sulfates en sulfures, due à la présence de matières organiques, occasionne également une perte de poids que l'on peut corriger en traitant le résidu par l'acide azotique nitreux; seulement comme on transforme alors les carbonates en nitrates, il faut calciner de nouveau pour les ramener à leur premier état.

Une eau riche en nitrates donne un résidu fixe contenant un excès de carbonates et, par suite, moins pesant qu'il ne l'est en réalité. Si cette eau ne contenait pas de carbonates, il serait aisé de faire disparaître cette cause d'erreur en traitant le résidu par un peu d'acide nitrique, mais comme c'est rarement le cas, il faut procéder par voie indirecte, c'est-à-dire en tenant compte du poids des carbonates dosés directement.

III. — ACIDE CARBONIQUE.

Nous savons que l'CO^2 se trouve généralement dans les eaux potables sous trois états : libre, bicombiné et fixe.

Pour le doser en totalité et rapidement, on procède comme suit :

a) 100 cc. d'eau aussi récemment puisée que possible sont introduits dans une fiole d'Erlenmayer d'une contenance de 200 à 300 cc. environ et y additionnés d'un égal volume d'eau de chaux saturée à chaud; on ferme la fiole au moyen d'un bouchon à un trou portant un court tube à dégagement coudé à angle droit et on fait bouillir jusque réduction au volume primitif, soit 100 cc environ. On enlève la fiole du feu et on la met en communication avec un petit tube à boule ou en U contenant de la potasse caustique destinée à absorber l'acide carbonique de

l'air qui rentre dans l'appareil pendant le refroidissement et le dépôt du précipité.

On décante ensuite le liquide dans un petit entonnoir obturé par un peu de coton et on lave la fiole et le précipité y resté avec un peu d'eau distillée froide récemment bouillie (une dizaine de centimètres cubes au plus) que l'on filtre également ; on pose alors l'entonnoir sur le ballon et on y laisse couler, goutte à goutte et sur toute la paroi intérieure, 20 cc. (ou moins suivant l'abondance du précipité) d'HCl N/10 de manière à dissoudre toutes les parcelles du précipité qui y sont passées pendant la filtration : l'acide filtre dans le ballon et y dissout le reste du précipité ; il faut avoir soin d'agiter le vase de manière à promener l'acide sur tous les points de la paroi intérieure. Lorsque la dissolution est complète, on ajoute deux ou trois gouttes de phénolphtaléine et de la soude décinormale jusque coloration rouge très nette, c'est-à-dire un excès, on note le volume qui, pour la facilité des calculs, doit être un nombre entier de centimètres cubes, puis on neutralise à *chaud* par HCl N/10, ajouté d'abord par 1/2 cc. puis par 1/10 cc. à la fois, chaque addition étant suivie d'une ébullition de 1 minute au moins. Du volume total d'acide employé, on déduit le volume de soude et on calcule le poids correspondant de l'acide carbonique.

Exemple : 100 cc. d'eau de distribution de la ville de Bruxelles ainsi traités ont donné lieu à un précipité qui a été dissous par 35 cc. HCl ; on a dû ajouter, pour faire virer la phénolphtaléine au rouge vif, $18^{cc}5$ de soude N/10, puis $0^{cc}45$ HCl pour faire disparaître la teinte après ébullition. L'CO^2 déplacé est donc équivalent à 35.45 — 18.50 = $16^{cc}95$ HCl N/10 ou 169 cc. 5 p. m. soit $0^{gr}371$ CO^2 auquel il faut ajouter le poids du même acide resté en dissolution dans l'eau sous forme de carbonate, soit $0^{gr}028$ par litre. Le poids de l'CO^2 total est donc égal à $0^{gr}399$ (1).

Une seconde expérience faite en vue de déterminer l'influence de l'air pendant l'ébullition et le refroidissement en vase ouvert (capsule), a donné comme résultat $0^{gr}513$ CO^2, soit une différence de $0^{gr}114$ CO^2 due à la carbonatation de la chaux.

(1) L'HCl employé n'était pas exactement déci-normal : 1 cc. correspondait à $2^{mgr}1885$ CO^2 au lieu de $2^{mgr}2$.

Le procédé que nous venons d'indiquer est assez rapide, mais il n'est exact que pour autant que l'eau ne contienne pas de carbonate de magnésie ou n'en contienne que des traces, comme les eaux dont nous venons de parler; dans tous les autres cas, on trouve toujours une quantité d'acide carbonique inférieure à celle qui existe réellement.

2° **Procédé Houzeau** (1). — Ce procédé, que nous avons légèrement modifié, est très précis et permet, en outre, de doser simultanément l'CO^2 sous ses différentes formes.

a) *Appareil* (fig. 49). — Se compose essentiellement : 1° d'un ballon en verre à fond plat A, d'une contenance de 1100 cc. environ et dont le goulot, long et large, porte à la base une marque indiquant une jauge exacte de 1000 cc.; 2° d'un second ballon B, de 250 à 300 cc. de capacité; 3° d'un manchon réfrigérant muni d'un tube en verre F, long de 65 centimètres et d'un diamètre intérieur de 9 millimètres; 4° de trois grands tubes en U à boules *a*, *b*, *c*.

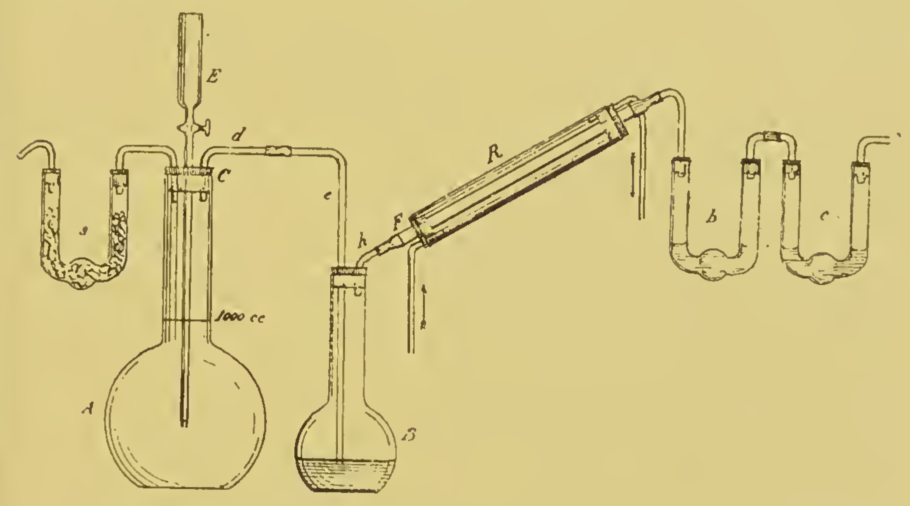


Fig. 49.

Le ballon A, rempli d'eau jusqu'au trait de jauge et fermé par un bouchon en caoutchouc à trois trous C, est mis en communication : 1° avec l'air extérieur par l'intermédiaire du tube *a*, dont les deux branches sont remplies de fragments de pierre ponce imbibés, pour la première, d'une solution concentrée de potasse caustique et, pour la seconde, d'acide sulfurique concentré;

2° Avec le ballon B par un tube long de 20 à 25 centimètres et

(1) C. R. Ac. des Sc. du 7 août 1876.

large de 9 à 10 millimètres. Ce ballon, qui contient un excès d'acide sulfurique déci-normal : 20 cc., est fermé par un bouchon en caoutchouc à deux trous portant deux tubes de même diamètre dont l'un *c*, coudé à angle droit, plonge dans le ballon à 1 ou 2 millimètres sous l'acide, tandis que l'autre *h*, plus court et plié à angle obtus, s'arrête sous la face inférieure du bouchon et est relié par un bout de tube en caoutchouc avec le tube F.

Enfin, dans le troisième trou du bouchon C est fixé un entonnoir cylindrique E dont la douille, en forme de tube, est assez longue pour plonger jusqu'au tiers inférieur du ballon A.

A l'extrémité libre du serpentin, *placé dans une position ascendante*, par rapport aux ballons, est adapté, par l'intermédiaire de tubes en caoutchouc, un système de 2 tubes *b* et *c* contenant 50 cc. d'une dissolution titrée de potasse caustique ; ce dernier est mis en communication avec une trompe à eau destinée à faire passer un courant d'air dans l'appareil pendant toute la durée de l'opération.

b) *Dosage de CO^2 libre et bicombiné.* — Les bouchons et les tubes en caoutchouc étant parfaitement fixés et le robinet de l'entonnoir fermé, on chauffe le ballon, d'abord doucement, puis ensuite plus fortement, de manière à porter l'eau à l'ébullition ; en même temps on fait fonctioner la trompe et circuler un courant d'eau froide dans le réfrigérant. L'action de la trompe doit être réglée de telle sorte que le courant d'air ne soit ni trop lent ni trop rapide : les bulles de gaz et d'air doivent se succéder sans interruption dans les tubes à potasse mais non y arriver ensemble, ce qui pourrait — aisément — déterminer des projections.

L'eau doit être maintenue en ébullition tranquille pendant au moins une demi-heure et mieux encore 3/4 d'heure à 1 heure. On éteint le feu, on détache les deux tubes à absorption, on en verse le contenu dans un ballon de 500 cc., on lave et on titre de la manière qui va être indiquée.

c) *Préparation de la liqueur alcaline et détermination du titre avant et après l'opération.* — On dissout de 16 à 17 grammes de potasse caustique à l'alcool (ou 10 à 12 grammes de soude) dans 250 à 300 cc. d'eau distillée, on laisse refroidir et on complète le volume à un litre par addition d'eau.

A 50 cc. de solution ainsi préparée, on ajoute 40 cc. de solution

saturée à froid de chlorure barytique, et ensuite la quantité d'eau distillée, *récemment bouillie* et refroidie, nécessaire pour porter le volume à 500 cc., on agite fortement, on ferme le ballon et on laisse en repos jusqu'à ce que le précipité se soit bien rassemblé et que le liquide surnageant soit complètement limpide. On prélève 50 cc. de ce liquide que l'on verse dans une capsule en porcelaine blanche, avec une ou deux gouttes de teinture de tournesol et on y laisse couler, d'une burette graduée en dixièmes de centimètres cubes, la quantité d'acide sulfurique déci-normal nécessaire pour neutraliser le liquide. Supposons qu'il en faille $12^{cc}6$, soit 126 cc. pour les 50 cc. de solution alcaline employés.

Si l'on traite de même le contenu des tubes *b* et *c* dans lesquels l'CO^2 de l'eau a été absorbé, la quantité d'acide sulfurique nécessaire à la neutralisation sera évidemment inférieure à la précédente et elle le sera d'autant plus que l'eau analysée sera plus riche en CO^2 libre et semi-combiné : soit, par exemple, $6^{cc}2$ = 62 cc. pour la totalité du contenu des tubes.

La différence, soit 126 — 62 = 64, multipliée par 0.0022 indiquera, en poids, l'CO^2, soit $0^{gr}1408$; et comme un litre de cet acide ramené à la température de 0° et à la pression normale, pèse $1^{gr}9774$, il suffira de multiplier le premier nombre par 1000 et de diviser le produit par le second pour connaître le volume du gaz en dissolution : soit 1408 / 19,774 = $71^{cc}2$.

Remarques. — 1° Il est absolument indispensable que les liqueurs alcalines, après traitement par le chlorure barytique et agitation, soient laissées en repos jusqu'à éclaircissement complet, parfait, absolu. En effet, s'il restait du carbonate de baryte en suspension, il serait décomposé par l'acide sulfurique employé à la saturation et par suite compté comme alcali libre. Or cet éclaircissement des liqueurs est très variable : parfois complet au bout de vingt minutes et même moins, souvent trouble encore après dix ou douze heures de repos. Dans ce dernier cas, nous conseillons de filtrer rapidement une partie du liquide : 80 à 100 cc. par exemple, en faisant usage d'un filtre serré ou mieux encore d'une bourre de verre filé, recouvrant l'entonnoir d'une plaque de verre rodé et rejetant les premières portions du filtrat qui souvent passent encore légèrement troubles.

2° La saturation des solutions alcalines par l'acide sulfurique donnant lieu à la formation d'un précipité de sulfate de baryte par suite de l'excès du chlorure employé, le virement de teinte du tournesol est moins net que d'habitude; pour éviter toute cause d'erreur, il est bon de faire bouillir le liquide avant d'ajouter l'acide sulfurique, mais ce n'est cependant pas indispensable. On pourrait, du reste, remplacer cet acide par l'acide chlorhydrique déci-normal, mais celui-ci se conserve moins bien.

3° Il est nécessaire de mettre en B un assez grand excès d'SO^3 N/10, parce que l'ébullition qui s'y produit bientôt pourrait, malgré l'action du réfrigérant, entraîner des traces d'alcali volatil dans les tubes *b* et *c*.

d) *Dosage de l'acide carbonique fixe.* — On enlève les tubes en U et on les remplace, le premier, *a*, par un bout d'agitateur en verre, les deux autres (*b* et *c*) par un flacon de Woulf contenant 50 cc. de la solution barytique alcaline; on supprime également le ballon B, on place le réfrigérant dans une position *descendante* et on le met en communication avec A au moyen d'un tube *d* coudé à angle *aigu*, puis on introduit dans l'entonnoir E 10 à 15 cc. d'acide sulfurique N/10; on s'assure que tous les tubes sont bien ajustés, on ouvre le robinet de l'entonnoir, on laisse couler l'acide dans le ballon, on ferme le robinet puis on chauffe, doucement d'abord, plus fortement ensuite, jusqu'à ce que l'on ait recueilli à la distillation 250 à 300 cc. d'eau, on éteint le feu, on ouvre le robinet de l'entonnoir pour laisser rentrer l'air pendant le refroidissement et l'on procède au dosage de l'CO^2 absorbé par la liqueur alcaline, de la même manière que ci-dessus.

e) *Calcul de l'acide carbonique libre.* — Si l'on admet que l'eau ne contient que des bicarbonates et de l'CO^2 libre, on pourra aisément, connaissant le poids x de l'CO^2 fixe et celui y du même élément libre et bicombiné, trouver la quantité d'CO^2 libre puisqu'elle est évidemment égale à $y - x$; mais il importe de remarquer que rien ne prouve l'absence de carbonates neutres à côté des bicarbonates, ce qui rendrait naturellement les calculs illusoires.

f) *Acide carbonique total.* — Egal à $x + y$.

3° **Dosage rapide de l'acide combiné.** — On ajoute à 100 cc. d'eau introduits dans un petit gobelet en verre mince,

10, 15 ou 20 cc. SO^3 déci-normal, on fait bouillir pendant 5 ou 6 minutes, on ajoute une ou deux gouttes de phénolphtaléine puis on procède au titrage de l'excès d'SO^3. Soit x le volume primitif et y celui de l'acide en excès : $x - y$ représente évidemment la quantité employée à la décomposition des carbonates; or, comme un centimètre cube $SO^3/10$ correspond à 2mgr2 CO^2, il est aisé de calculer son poids total pour 1000 cc. d'eau.

IV. — CARBONATE DE CHAUX

1° **Dosage approximatif.** — On fait bouillir 200 à 500 cc. d'eau pendant 5 minutes, on laisse en repos pendant 2 heures, on décante le liquide dans un petit entonnoir obturé par un peu de coton, on lave avec quelques centimètres cubes d'eau distillée que l'on réunit au liquide filtré, on dissout le précipité par un excès d'acide déci-normal, etc., comme ci dessus. On déduit le poids du carbonate de chaux de celui de l'CO^2 en multipliant par 2.2728. La présence de carbonate ou d'oxyde de fer fausserait les résultats.

2° **Dosage exact.** — On procède de même, mais on pèse le précipité et on dose en plus le carbonate de chaux resté en solution; cependant il est plus simple et surtout plus exact de procéder de la manière indiquée au § suivant.

V. — DOSAGE SIMULTANÉ DES CARBONATES CALCIQUE ET MAGNÉSIQUE

On évapore presque à sec un volume d'eau déterminé : 200 cc. par exemple, on ajoute 3 ou 4 volumes d'alcool dilué (alcool à 90° et eau : *āā*), on agite, on laisse reposer, on décante dans un petit entonnoir obturé par un peu de coton, on fait digérer le précipité avec *très peu* d'eau froide de manière à redissoudre les nitrates, sulfates, silicates, etc., sans toucher sensiblement aux carbonates, on sèche, on calcine à une très douce chaleur et pendant quelques instants seulement, pour détruire s'il y a lieu, un peu de matières organiques; on laisse refroidir, on pèse puis on dose l'CO^2 du résidu. Des deux valeurs ainsi obtenues, on déduit par le calcul et en suivant une marche analogue à celle qui sera

indiquée au § XII ci-après, le poids de chacun des deux carbonates.

Si l'eau ne contient que des sels solubles les résultats sont exacts, mais en présence du fer, des phosphates et silicates terreux, etc., il y a lieu à correction après dosage de ces éléments. Dans ce cas, il est préférable de traiter le résidu insoluble par l'acide acétique pour transformer les carbonates en acétates solubles dans l'alcool; on précipite au besoin le fer par HS, puis on évapore la solution, on sèche le résidu et on le calcine à une douce chaleur pour transformer les acétates de chaux et de magnésie en carbonates qui sont alors dosés comme il vient d'être dit.

VI. – ACIDE SULFURIQUE

1° **Recherche.** — L'eau à essayer est additionnée d'un excès d'HCl pur, puis de quelques gouttes d'une solution à 10 p. c. de chlorure barytique : un précipité ou un trouble soit immédiat soit ultérieur, indique la présence de sulfates.

2° **Essai rapide.** — 20 cc. d'eau sont introduits dans un tube d'essai et y additionnés de 2 ou 3 gouttes d'HCl pur; on mêle, on place le tube entre l'œil et une fenêtre bien éclairée puis on laisse tomber dans le liquide, d'une hauteur de 8 à 10 centimètres environ, un centimètre cube de solution de HCl à 10 p. c. Toute eau qui, dans ces conditions, se trouble instantanément ou au bout de 2 ou 3 minutes, doit être rejetée ou très fortement suspectée; si le trouble est plus lent à se produire, il y aura lieu de consulter le tableau ci-après et de recourir à la discussion des résultats (IV[e] partie).

3° **Dosage par maximum.** — On évapore à feu nu, dans une capsule en porcelaine, 250 cc. d'eau acidulés par 1 cc. HCl, jusque réduction à environ 50 à 60 cc., on laisse refroidir pendant quelques instants, on ajoute en un petit filet et en remuant constamment avec un petit agitateur en verre, 3 cc. solution barytique (§ 17 p. 60), on laisse reposer pendant au moins une demi-heure puis on filtre quelques centimètres cubes de liquide dans un petit entonnoir dont la douille est obturée par un peu de coton assez fortement tassé et sur lequel on a versé un peu d'eau bouillante, qu'il faut d'abord laisser filtrer avant tout.

Le liquide filtré est recueilli dans un tube d'essai contenant 2 cc. exactement mesurés de liqueur barytique : si le volume de cette dernière employé en premier lieu, soit 3 cc. était insuffisant, on observera un trouble plus ou moins intense et plus ou moins rapide suivant la teneur de l'eau en acide sulfurique, tandis que si la proportion de cet acide est inférieure à *60* milligrammes par litre, le filtrat ne se troublera pas; dans ce cas, le dosage peut être considéré comme étant terminé, mais dans le cas contraire, il faudra reverser le contenu du tube dans la capsule, agiter, laisser réagir et reposer pendant 5 minutes au moins et essayer de nouveau et de la même manière, en ayant soin de verser tout d'abord de l'eau distillée bouillante dans l'entonnoir afin d'enlever le liquide qui imprègne le coton. On peut continuer à ajouter ainsi la liqueur barytique par 2 ou par 1 cc. à la fois suivant que l'on veut obtenir une approximation plus ou moins approchée, jusqu'à ce que le dernier filtrat ne se trouble plus par la liqueur barytique. 1 cc. de celle-ci correspondant à 5 milligrammes SO^3, il en résulte que chaque addition de 2 cc. indique une augmentation de 40 milligrammes SO^3 par litre d'eau; donc en supposant que l'on ait ajouté 3 + 2 + 2 cc. l'eau contiendra moins de 140 milligrammes SO^3 et plus de 100.

4° **Dosage exact.** — Peut être volumétrique ou pondéral. On procédera, pour ce dernier, de la manière indiquée pour le titrage de la solution normale d'acide sulfurique (§ 10 p. 56), l'eau étant préalablement réduite du 1/5 au 1/10 de son volume suivant sa teneur en sulfates. Le dosage volumétrique est plus rapide et tout aussi exact si même pas plus, mais il exige quelques précautions. Voici comment nous conseillons de le pratiquer. 200 cc. d'eau à analyser préalablement débarrassée du fer qu'elle pourrait contenir — quelques milligrammes Fe par litre n'auraient pas d'importance, — sont additionnés d'un petit excès d'acide chlorhydrique ou d'acide acétique et évaporés à siccité pour chasser toute trace d'acide libre. On redissout à chaud dans 40 à 50 cc. d'eau distillée, on ajoute $0^{gr}2$, exactement pesé, de carbonate de baryte *pur* et sec, on fait bouillir pendant quelques minutes en agitant continuellement, on ajoute 2 ou 3 gouttes de teinture de tournesol puis de l'SO^3 déci-normal jusque coloration rouge (pelure d'oignon) habituelle. On note le volume d'acide

nécessaire pour atteindre ce résultat et on le déduit de celui qui correspond au carbonate de baryte employé, soit 22.3. S'il a fallu, je suppose $15^{cc}1$, on dira que les 200 cc. d'eau employés contiennent 22.3 − 15.1 = $7^{cc}2$ acide déci-normal, soit 7.2 × 4 = $0^{gr}0288$ SO^3 ou $0^{gr}144$.

Tableau des réactions observées en ajoutant goutte à goutte 1 cc. de solution à 10 p. c. de chlorure barytique, à 20 cc. d'eau contenant des proportions variables d'acide sulfurique et additionnés de 2 ou 3 gouttes HCl.

Nos d'ordre	SO^3 anhydre par litre.	RÉACTIONS
1	$0^{gr}9$	Précipité immédiat et très net.
2	$0^{gr}8$	Précip. blanc léger; ne se forme pas instantanément, c'est-à-dire au moment même du contact entre la 1re goutte de réactif et l'eau, mais seulement au bout de 1/4 à 1/2 seconde.
3	$0^{gr}7$ à $0^{gr}5$	Précip. très fin en tourbillon formé d'ondes très serrées mais bien distinctes, lorsque le tube est incliné horizontalement entre l'œil et la lumière, le pouce appliqué sur l'ouverture du tube. Ajoutons que c'est à cette position du tube que correspondent les descriptions qui suivent
4	$0^{gr}4$ à $0^{gr}3$	La 1re goutte ne produit de trouble qu'au bout de 4 à 5''. Après addition de la totalité de réactif, le trouble est blanc grisâtre et se présente sous forme d'ondes striées et spiralées.
5	$0^{gr}1$	Les ondes deviennent brillantes, soyeuses et perdent l'aspect strié, granuleux.
6	$0^{gr}05$	Le trouble n'apparaît qu'après addition de la 10e goutte de réactif. Les ondes sont beaucoup moins serrées, mais le liquide reste toujours opaque c'est-à-dire qu'en plaçant le tube parallèlement contre cette page, on ne perçoit que très vaguement les lettres.
7	$0^{gr}04$	Id. mais moins prononcé.
8	$0^{gr}02$	Le trouble est plus tardif encore et moins prononcé. La lecture est facile.
9	$0^{gr}01$	Id. ne se produit nettement qu'au bout de 30 à 40'', mais il est pourtant visible surtout par comparaison, après 15 à 20''
10	$0^{gr}005$	Au bout de 3 à 4' très léger changement d'aspect, visible par comparaison; après 15 à 20' le trouble est net.
11	$0^{gr}003$	Au bout de 3 à 4 heures, on perçoit nettement un léger précipité au fond du tube.
12	$0^{gr}001$ à $0^{gr}002$	Rien ou presque rien même au bout de 3 à 4 heures.

Remarques. — 1° Il importe de nettoyer avec soins les parois interne et externe du tube au moyen d'une brosse à poils rudes analogue à celle figurée page 42.

2° On a dit que les chlorures, nitrates, etc., alcalins ou alcalino-terreux empêchaient la précipitation du sulfate de baryte. Nous avons ajouté jusque 10 grammes des sels en question par litre d'eau sans *modifier en rien* les réactions susmentionnées; or les eaux douces, même minérales, ne sont jamais aussi riches en sels.

VII. — SULFATE DE CHAUX.

200 cc. d'eau par exemple — moins ou plus s'il y a lieu — sont introduits dans une capsule en platine, additionnés d'un léger excès d'acide acétique pur, puis réduits par évaporation au 1/10 de leur volume, soit environ 25 cc.; on laisse refroidir, on ajoute 25 cc. d'alcool concentré, on agite avec soin, on couvre et on laisse en repos pendant 2 ou 3 heures : tout le sulfate de chaux est ainsi précipité à l'état cristallisé tandis que la totalité ou tout au moins la plus grande partie des autres sels : acétates, chlorures, nitrates, sont en dissolution. On décante dans un petit entonnoir obturé par du coton et on lave à l'alcool dilué (45 à 50°) froid et acidifié par 1/10 de son volume d'acide acétique, puis on ramène dans la capsule, au moyen d'alcool fort que l'on y brûle ensuite, la partie du précipité passé dans l'entonnoir et la bourre obturatrice, on sèche, on calcine au rouge sombre, on fait refroidir sous l'exsiccateur et l'on pèse.

On peut généralement considérer le résidu ainsi obtenu comme formé exclusivement de sulfate de chaux anhydre; cependant si l'eau contenait de l'acide phosphorique, de la silice, du fer, de l'alumine, etc., il serait indispensable de dissoudre ce résidu dans l'acide chlorhydrique bouillant et de précipiter l'acide sulfurique à l'état de sel barytique, ou bien de séparer les divers éléments dont il s'agit par les procédés habituels.

Enfin, si les nitrates n'étaient pas enlevés complètement par l'alcool, on les transformerait en carbonates par calcination, puis en acétates solubles. Ici le procédé se complique et devient, de simple qu'il était d'abord, assez délicat.

VIII. — SULFATE DE MAGNÉSIE.

Les liquides alcooliques provenant du dosage des carbonates terreux (§ V, p. 121), sont évaporés à sec et le résidu calciné,

doucement d'abord, plus fortement ensuite, jusque destruction des matières organiques, volatilisation des sels ammoniacaux, décomposition des nitrates alcalins ou alcalino-terreux et du chlorure de magnésie, qui se trouvaient en dissolution dans l'eau. On reprend par l'alcool dilué bouillant, qui dissoudra les sulfates alcalins fixes, le sulfate de magnésie et les chlorures alcalins et de calcium et laissera comme résidu (R) les oxydes de magnésie et de chaux provenant de la décomposition du chlorure de la première base et du nitrate de la seconde, que l'on dosera de la manière indiquée aux §§ 14 et 15 ci-après. La solution alcoolique A sera additionnée d'acide acétique pur en très léger excès, puis évaporée à sec au bain-marie. Le résidu sera épuisé par l'alcool éthéré et la solution B mise de côté, pour le dosage des nitrates alcalins fixes (§ II, p. 86). La partie (R') du résidu insoluble dans l'alcool éthéré sera dissoute par la plus petite quantité possible d'eau distillée froide et la solution, chauffée vers 90-95° C., additionnée d'un très léger excès d'eau de baryte.

On continuera à chauffer pendant quelques minutes encore, puis on laissera refroidir et on recueillera sur filtre le précipité que l'on y lavera avec soin à l'alcool dilué, jusqu'à ce que ce liquide ne lui enlève plus rien. On réunira tous les liquides filtrés, et on les traitera par un courant d'acide carbonique pur pour enlever l'excès de baryte caustique, et transformer, s'il y a lieu, les oxydes alcalins fixes en carbonates. On filtrera et on mettra de côté la solution (C) ainsi obtenue. Quant au précipité resté sur filtre, on l'y traitera par suffisante quantité d'alcool dilué chaud et acidifié par l'acide acétique. On enlèvera ainsi, puis on dosera la magnésie précipitée par la baryte et il restera le sulfate de baryte que l'on dosera également. On déduira de ces dosages le poids de la magnésie et celui de l'acide sulfurique, ce dernier pouvant être égal ou supérieur en équivalence à celui de la magnésie. Dans le premier cas, l'eau ne contenait pas de sulfate de potasse ou de soude; dans le second, il faudra chercher si la quantité d'acide sulfurique supérieure à celle nécessaire pour saturer la magnésie dosée, correspond à la quantité de carbonates alcalins, ce que l'on exécutera de la manière indiquée au paragraphe suivant.

IX. — SULFATES ALCALINS FIXES.

La solution C ci-dessus, sera traitée par un léger excès d'acide acétique et évaporée à sec au bain-marie. Le résidu sera épuisé par l'alcool éthéré qui enlèvera les acétates et laissera les chlorures calcique, potassique et sodique. On évaporera la solution à sec, puis on calcinera le résidu pour transformer les acétates alcalins en carbonates que l'on pèsera, puis dosera volumétriquement par SO^3 déci-normal; on obtiendra ainsi la quantité d'SO^3 combinée aux alcalis fixes : potasse et soude, en procédant de la manière qui sera indiquée pour le dosage des chlorures alcalins (§ XIII ci-après), opération pour laquelle on emploiera la partie (R) du résidu ci-dessus insoluble dans l'alcool éthéré.

X. — ACIDE PHOSPHORIQUE.

1° **Recherche et essai rapide.** — Une eau qui contient 30 milligrammes PhO^5 par litre, se trouble presque instantanément par addition d'une petite quantité de chlorure de magnésie ammoniacal : 1 cc. pour 20 à 25 cc. d'eau.

Lorsque la proportion est moindre, le trouble ne se produit qu'au bout d'un temps plus ou moins long : 30 à 40 secondes pour 20 milligrammes, 8 à 10 minutes pour 10 milligrammes acide phosphorique anhydre par litre.

Toute eau qui, réduite par évaporation au 1/5 de sa valeur, ne se troublera qu'au bout de plusieurs minutes ou de plusieurs secondes, peut être considérée comme bonne; elle contiendra, en effet, moins de 5 milligrammes PhO^5 par litre. Si le trouble est instantané, l'eau sera suspecte et devra faire l'objet de nouvelles recherches, enfin celle qui précipite plus ou moins abondamment ou qui se trouble instantanément ou à peu près, avant toute évaporation, devra être rejetée, à moins que la présence de l'acide phosphorique soit nettement démontrée être d'origine végétale ou minérale, car alors il y aurait lieu à de nouvelles recherches.

2° **Dosage approximatif.** — Est basé sur les indications qui précèdent. Lorsque l'eau précipitera immédiatement par le chlorure magnésique, on la diluera de manière à réduire l'intensité de la réaction et à l'apprécier ainsi plus facilement.

3° **Dosage exact.** — 500 à 1,000 cc. d'eau — ou plus si c'est *nécessaire* — additionnés de 10 cc. HCl concentré pur, sont réduits par évaporation à environ 50 cc. Le liquide ainsi obtenu est introduit dans une éprouvette fermée avec un bouchon en verre rodé à l'émeri et y traité par 1 à 2 cc. HCl., puis par un léger excès d'ammoniaque et, enfin, par suffisante quantité de solution magnésienne (§ 16, p. 60).

Le mélange, *fortement agité*, sera laissé en repos pendant 12 heures, puis le liquide clair, surnageant le précipité, sera décanté sur un petit filtre Berzélius; on ajoutera 25 à 30 cc. d'eau distillée fortement ammoniacale dans l'éprouvette, on agitera, on laissera quelques minutes en repos, on versera de nouveau le liquide surnageant sur le filtre, on traitera une seconde fois le précipité par une quantité un peu moindre d'eau ammoniacale, on agitera et on versera le tout, précipité et liquide, sur le filtre; enfin, on lavera une dernière fois l'éprouvette et le filtre avec quelques centimètres cubes d'eau distillée pure, en ayant soin de recueillir tous les liquides et de les mettre de côté pour le dosage des oxydes de potassium et de sodium (§ XV ci-après).

L'entonnoir ayant servi à la filtration sera placé sur l'éprouvette dans laquelle la précipitation a été faite, et le précipité traité sur filtre par suffisante quantité d'acide azotique dilué bouillant pour tout dissoudre; la solution azotique filtrée dans l'éprouvette y sera agitée de manière à dissoudre toutes les parcelles du précipité qui seraient restées adhérentes à la paroi intérieure, puis on la versera dans une capsule en platine et on lavera le filtre avec quelques centimètres cubes d'eau distillée bouillante, qui serviront également au lavage de l'éprouvette et seront ensuite versés dans la capsule; celle-ci sera placée sur un bain de sable ovale, en dehors de l'action directe de la flamme et son contenu évaporé à siccité, puis calciné d'abord au rouge sombre et ensuite au rouge vif jusqu'à cessation de perte de poids. Du poids du résidu de pyrophosphate de magnésie obtenu, on déduira la quantité d'acide phosphorique anhydre en multipliant par 0.63964 et, s'il y a lieu, par 2 pour rapporter les résultats à l'unité de volume, soit 1000 cc.

Filtre. — Comme il importe de n'employer, d'une part, que la plus petite quantité possible d'eau ammoniacale pour le lavage

du précipité et, d'autre part, le moins de liquide acide que faire se peut pour sa dissolution et ce afin d'éviter des pertes de temps et de substance (le phosphate ammoniaco-magnésien n'étant pas tout à fait insoluble dans les eaux de lavage, il faut employer un filtre pas trop grand). On se placera dans les meilleures conditions, sous tous les rapports, en prenant un morceau de papier Berzélius ou autre, *exempt de fer*, mesurant 10 centimètres environ de côté, que l'on pliera en quatre de manière à obtenir un filtre sans plis.

Si l'on a soin de redélayer chaque fois le précipité dans l'eau de lavage versée sur le filtre, l'opération s'exécutera rapidement et sans qu'il soit besoin de recourir à l'emploi du vide, comme le conseillent plusieurs auteurs.

XI. — CHLORE.

1° **Recherche.** — On acidule 10 à 15 cc. d'eau avec 5 à 6 gouttes d'acide nitrique concentré *pur* et surtout absolument exempt d'acide chlorhydrique, puis on ajoute quelques gouttes de solution de nitrate d'argent à 10 p. c., qui détermineront soit un précipité blanc caillebotté, soit un trouble plus ou moins prononcé, s'il y a des chlorures en dissolution.

2° **Essai rapide.** — 10 cc. d'eau sont introduits dans un tube à essai et additionnés d'une ou deux gouttes d'acide azotique pur; on agite, puis on ajoute une goutte de solution déci-normale d'azotate d'argent. Si l'eau ne contient qu'un milligramme environ de chlore par litre, on n'observera de trouble qu'au bout de 5 à 6 secondes; avec 2 milligrammes, le trouble apparaît au bout de 2 à 3 secondes; avec 4 milligrammes, il est pour ainsi dire instantané et se montre, à la lumière directe, sous forme de très fines stries: enfin, avec 8-10 milligrammes, les stries se forment instantanément et sont très sensibles.

Bien qu'il soit assez malaisé de décrire la nature et l'intensité du trouble produit par le sel d'argent, on peut cependant, avec un peu d'habitude, apprécier assez exactement la quantité de chlore par l'aspect de l'eau. Ainsi avec 1-3 milligrammes par litre, on observe un trouble bleuâtre ou gris bleuté mais assez léger pour laisser à l'eau toute sa transparence, tandis qu'avec

des proportions de chlore variant de 4 à 10 milligrammes par litre d'eau, le trouble est blanc bleuâtre, blanc clair ou blanc opaque, et le liquide perd peu à peu sa transparence.

Remarque. — Il est indispensable de suivre exactement les indications qui précèdent si l'on veut obtenir des résultats comparables : un réactif plus concentré ou plus étendu, ou bien employé en plus grande quantité, modifierait plus ou moins fortement et parfois du tout au tout, les réactions susmentionnées.

3° **Dosage exact.** — Est trop facile et trop rapide pour qu'il soit utile de recourir au dosage approximatif ou par maximum dont nous ne parlerons par conséquent pas.

100 cc. d'eau sont introduits dans un petit gobelet en verre mince et additionnés de 2 gouttes d'une solution concentrée de chromate neutre de potasse préparé récemment; on pose le gobelet sur une surface blanche et on procède de la manière indiquée au § 20, p. 62 pour le titrage du chlorure sodique. On multiplie par 10, puis par $0^{gr}003537$ le nombre de centimètres cubes et fractions de centimètres cubes du réactif argentique, nécessaires pour obtenir la teinte rouge du liquide : le produit de cette multiplication représente le poids du chlore en dissolution dans un litre d'eau.

Remarque. — Si la quantité de chlore était très petite, il faudrait concentrer plus ou moins fortement l'eau par évaporation au bain de sable. On laisserait refroidir, puis on procéderait au titrage sans se préoccuper du précipité qui aurait pu se former pendant l'évaporation.

XII. — CHLORURE DE MAGNÉSIE.

Le résidu R (§ VIII, p. 126) sera lavé, séché et pesé. En l'absence de chaux, il suffira de multiplier le poids trouvé par 2.3585, mais si l'eau contenait du nitrate calcique, celui-ci se trouverait dans le résidu R, suffisamment calciné, à l'état d'oxyde de calcium. Dans ce cas, le mieux est de traiter ce résidu, pesé avec soin, par un excès d'HCl déci-normal (10, 15 ou 20 cc. suivant le cas), que l'on dose par la soude N/10; connaissant le poids P du résidu et celui p du chlore nécessaire à la formation des chlorures de chaux et de magnésie, on trouvera celui de chacun d'eux de la manière indiquée au paragraphe suivant. En multi-

pliant celui du chlorure de calcium par 1.3541 on obtiendra le poids de l'azotate correspondant.

XIII. — CHLORURES DE CALCIUM, DE POTASSIUM ET DE SODIUM.

Le résidu R′ (§ VIII) sera dissous dans l'eau et la solution additionnée d'oxalate d'ammoniaque; le précipité bien lavé mais non séché est dissous dans 100 cc. d'eau pure additionnés de 5 cc. d'acide sulfurique concentré pur; on chauffe à 60° C. et l'on titre par le permanganate de potasse de la manière indiquée au § 22, p. 63. En déterminant au moment même la valeur du permanganate en acide oxalique, on pourra aisément obtenir des résultats très exacts. 9 parties en poids d'acide oxalique anhydre correspondent à 7 parties d'oxyde calcique ou 10.999 chlorure.

Les liquides séparés par filtration de l'oxalate de chaux seront, y compris les eaux de lavage de ce dernier, évaporés à sec et le résidu calciné à aussi basse température que possible pour détruire les sels ammoniacaux sans toucher aux chlorures de potasse et de soude. On pèsera après refroidissement, puis on dissoudra dans l'eau et on dosera le chlore par le nitrate d'argent N/10. Soit P le poids du résidu et p celui du chlore, x le poids du KCl et y celui de NaCl; on aura

$$x + y = P$$

D'autre part, dans KCl dont l'équivalent est 74.4, il y a 35.37 de chlore et dans x, il y aura $\frac{35.37}{74.4}x$. Même calcul pour NaCl, soit $\frac{35.37}{58.37}y$. D'où une seconde équation

$$\frac{35.37}{74.4}x + \frac{35.37}{58.37}y = p, \text{ ou, en simplifiant,}$$

$$0.475\,x + 0.606\,y = p.$$

Il suffira de résoudre ce système de 2 équations à 2 inconnues, pour obtenir les résultats cherchés.

Exemple : Soit $P = 0.200$ et $p = 0.110$

$$x + y = 0.200, \text{ d'où } x = 0.2 - y$$

$$0.4754\,x + 0.606\,y = 0.11, \text{ d'où } x = \frac{0.11 - 0.606\,y}{0.4754};$$

par conséquent

$$0.2\,y = \frac{0.11 - 0.606y}{0.4754} \text{ d'où } y = 0 \text{ gr. } 1142 \text{ et } x = 0 \text{ gr. } 0858.$$

XIV. — OXYDE DE CALCIUM.

1° **Essai rapide.** — 20 cc. d'eau sont introduits dans un tube d'essai et y additionnés de 1 cc. d'oxalate d'ammoniaque (§ 23, p. 64). Si l'eau contient plus de 0gr5 CaO par litre, on observe la formation d'un précipité pulvérulent instantané, descendant plus ou moins rapidement au fond du tube suivant la proportion de chaux en dissolution. Pour 0gr4 à 0gr5 CaO, le précipité est plus léger, reste en suspension sous forme de trouble blanc grisâtre et ne se forme que 1 à 2″ après que le réactif a été versé dans le liquide. Lorsque la proportion de chaux varie de 0gr1 à 0gr3 par litre, le temps nécessaire à l'apparition du trouble est de 3 à 6 ou 7″ au plus; enfin pour 0gr05, il s'écoule environ 15″ avant que le liquide se trouble. Comme nous estimons inutile de nous préoccuper d'une proportion d'oxyde calcique inférieure à 5 centigr. par litre, nous n'avons pas cru nécessaire de rechercher quelle était la limite de sensibilité absolue ou relative — en fonction du temps — de la réaction.

2° **Dosage volumétrique.** — On chauffe à l'ébullition dans un gobelet ou un matras en verre mince, 100 cc. d'eau préalablement additionnés de suffisante quantité (une ou plusieurs gouttes suivant les cas) d'acide acétique pour décomposer les carbonates; on laisse refroidir pendant quelques instants, on ajoute 1/10 de centimètre cube d'une solution aqueuse saturée de sulfate d'alumine, on agite, on verse goutte à goutte d'abord et ensuite en un petit filet et en agitant continuellement, 5 à 10 cc., c'est-à-dire un sérieux excès, de la solution oxalo-ammonique ci-dessus, on couvre et on laisse en repos jusque refroidissement ou plus longtemps si c'est nécessaire pour séparer le précipité; on décante alors dans un petit entonnoir obturé par une bourre de coton, on lave le précipité, le vase et l'entonnoir avec un peu d'eau froide, on reçoit les liquides filtrés dans un ballon jaugé de 110 cc., on mélange bien et on divise en deux parties égales dans chacune desquelles on dose l'excès d'oxalate d'ammoniaque par le permanganate de potasse, de la manière indiquée précédemment (§ XIII). 1 cc. de la liqueur oxalique ajouté à *100* cc. d'eau correspondant à *56* milligrammes oxyde de calcium *par litre*, les calculs sont faciles.

Ce procédé remplace avantageusement celui par *maximum* indiqué dans la première édition de cet ouvrage; il est aussi rapide et beaucoup plus exact. On pourrait même le rendre *très précis*, en procédant à un essai préalable sur 100 cc. d'eau distillée additionnés d'un poids exactement déterminé, *10* centigrammes par exemple, de carbonate de calcium *pur* (contenant par conséquent *56*^{mgr}CaO) et traitant exactement comme il vient d'être dit Il suffira de faire ensuite les corrections indiquées par cet essai pour obtenir des résultats aussi et même plus exacts que ne pourrait donner le dosage pondéral, beaucoup plus long et plus délicat. Il va sans dire que nous supposons les solutions exactement titrées et tous les appareils jaugés et gradués avec la plus grande précision. Si l'eau contenait des quantités très appréciables de magnésie, de fer et d'alumine, il faudra les séparer.

3° **Dosage pondéral.** — Le précédent suffit, même pour des recherches scientifiques; cependant, si l'on voulait recourir au dosage pondéral de la chaux, on y procéderait soit par précipitation au moyen d'oxalate d'ammoniaque, soit sous forme de sulfate. Le premier mode est général, mais il exige quelques précautions assez minutieuses lorsque l'eau contient des quantités sensibles de fer, d'alumine et de magnésie. Dans ce cas, du reste assez rare, le second est préférable, mais si le liquide contient des phosphates, il n'est plus applicable.

Il est bien entendu qu'en faisant ces observations,nous n'avons en vue que les recherches ou dosages très précis. Pour le surplus. on trouvera dans Frésénius tous les détails relatifs aux deux procédés que nous nous bornons à indiquer ici; leur description complète nous entraînerait trop loin et serait sans intérêt pour nos lecteurs.

XV. — OXYDE DE MAGNESIUM.

1° **Essai rapide.** — 50 cc. d'eau préalablement bouillie pendant quelques instants, puis filtrée, sont additionnés de 10 à 15 gouttes d'une solution concentrée de chlorure ammonique et d'un égal volume d'ammoniaque, puis de 1 à 2 cc. environ de solution saturée de phosphate double d'ammoniaque et de soude: on ferme le tube avec le pouce et on l'incline de manière à lui donner la position horizontale et à promener le liquide de gauche

à droite et vice-versa, *mais en évitant soigneusement de l'agiter* (1) : si l'eau contient au moins 15 milligrammes MgO par litre, il se produira un trouble immédiat, très nettement visible, surtout en se plaçant près d'une fenêtre bien éclairée et examinant le tube latéralement à la lumière.

On déterminera approximativement la quantité de magnésie en solution, en diluant successivement l'eau examinée avec de l'eau distillée. Ainsi, par exemple, si à 25 cc. d'une eau se troublant comme il vient d'être dit, on ajoute 25 cc. d'eau distillée et que l'on répète l'expérience, on pourra conclure qu'elle contient moins de 30 milligrammes de magnésie par litre si le trouble ne se manifeste point. L'on conçoit qu'il est aisé de se rapprocher de plus en plus de la réalité, en ajoutant plus ou moins d'eau distillée, le volume de celle-ci étant toujours déterminé. Avec un peu d'habitude l'on parvient du reste à supprimer une partie de ces tâtonnements, en se basant sur l'intensité du trouble produit.

3° **Dosage exact.** — 500 cc. d'eau sont additionnés de 4 à 5 cc. HCl concentré pur et évaporés jusque réduction à 100 cc. environ; on laisse refroidir pendant quelques minutes, on verse dans une éprouvette à bouchon de verre, on ajoute un petit excès d'AzH^3 puis 5 à 6 cc. d'une solution concentrée de phosphate double d'ammoniaque et de soude, et encore 15 à 20 gouttes d'AzH^3, on ferme, on agite *fortement* pendant 15 à 20″, puis on met de côté pendant 3 à 4 heures, en ayant soin d'imprimer de temps à autre quelques légères secousses à l'éprouvette, de manière à faire tomber tout le précipité au fond.

Le liquide est alors décanté dans un petit entonnoir obturé par une bourre de coton, puis le précipité et l'éprouvette sont lavés à deux reprises avec 10 à 20 cc. d'eau ammoniacale et rincés ensuite avec 5 ou 6 cc. d'eau pure, que l'on filtre également, puis on verse dans l'entonnoir, préalablement posé sur l'éprouvette, de l'eau distillée chaude additionnée d'acide azotique concentré, en vue de dissoudre le précipité; la solution ainsi obtenue est introduite dans une capsule en platine, dans laquelle on

(1) L'agitation du liquide activerait considérablement la réaction et le trouble apparaîtrait immédiatement alors même que l'eau examinée contiendrait beaucoup moins de 15 milligrammes de magnésie par litre; les résultats ne seraient donc plus comparables.

verse également le peu d'eau chaude nécessaire au lavage de l'entonnoir et de l'éprouvette, on évapore avec précaution puis on sèche, calcine et pèse le résidu. En multipliant le poids trouvé par 0.36036, puis par 2, on obtient le poids de la magnésie en dissolution dans un litre d'eau.

XVI. — OXYDES DE POTASSIUM ET DE SODIUM.

Les eaux mères et de lavage ayant servi au dosage de l'acide phosphorique (§ 10 p. 127), sont évaporées à siccité et le résidu, calciné avec précaution jusque disparition des sels ammoniacaux, dissous dans la plus petite quantité possible d'eau distillée froide, de manière à obtenir une solution concentrée mais non saturée cependant, que l'on traitera à une douce chaleur et dans l'obscurité, par un excès d'un mélange d'oxyde et de carbonate d'argent précipités purs, encore humides et préparés au moment même de s'en servir; le mélange sera agité de temps en temps puis, après une à deux heures environ, on filtrera et on lavera le précipité avec soin. Le liquide filtré et les eaux de lavage réunis seront additionnés d'un très léger excès d'acide sulfurique dilué pur, puis évaporés au bain-marie dans une capsule en platine; le résidu sera séché, chauffé jusqu'à disparition de toute trace d'acide libre, refroidi, très exactement pesé, puis traité par l'eau distillée de manière à obtenir une solution modérément concentrée, laquelle doit être absolument exempte de toute trace de sel d'argent. Si elle en contenait, il faudrait la traiter par une quantité strictement suffisante d'HCl dilué, filtrer, évaporer, sécher, peser et redissoudre une seconde fois.

Cette solution est introduite dans une capsule en porcelaine et additionnée d'un excès suffisant d'une solution aqueuse concentrée de chlorure de platine pur pour transformer toute la potasse en sel double; on évapore au bain-marie de façon à n'avoir plus que quelques centimètres cubes, on laisse refroidir puis on ajoute en remuant toujours et d'abord par petites portions, un mélange de 2 *p.* d'alcool absolu et 1 *p.* d'éther, correspondant à environ 20 fois le volume du liquide aqueux; on laisse reposer pendant 15 à 20 minutes, on filtre et on lave le précipité à l'alcool éthéré jusqu'à ce que le liquide filtre incolore, puis on sèche et

on chauffe ensuite dans un creuset en porcelaine, jusqu'à destruction complète du filtre, on ajoute un peu d'acide oxalique pur et on chauffe pendant quelques minutes au rouge à peine sombre. Le résidu ainsi obtenu est épuisé par l'eau distillée chaude et la partie insoluble est chauffée au rouge, au contact de l'air, jusqu'à cessation de perte de poids. On pèse, et du poids trouvé, on déduit la tare du creuset, puis on multiplie par 0.478 pour obtenir le poids de l'*oxyde de potassium anhydre* correspondant ou par 0.75668 pour obtenir celui du *chlorure de potassium*.

Si du poids connu des deux chlorures on retranche le poids du chlorure de potassium ainsi déterminé, on obtiendra le poids du *chlorure de sodium*, dont on déduira le poids de l'*oxyde de sodium anhydre* en le multipliant par 0.5306.

XVII. — AZOTE ET OXYGÈNE.

Pour doser ces deux gaz, c'est-à-dire l'air en dissolution dans l'eau, nous procédons comme suit :

Appareils. – Un ballon B (fig. 50), d'une contenance de 1100 cc. environ et dont le col, assez long et entouré d'un manchon en verre M, est fermé par un bouchon en caoutchouc percé de deux trous. Un vase G d'une contenance de 12 à 1300 cc. environ.

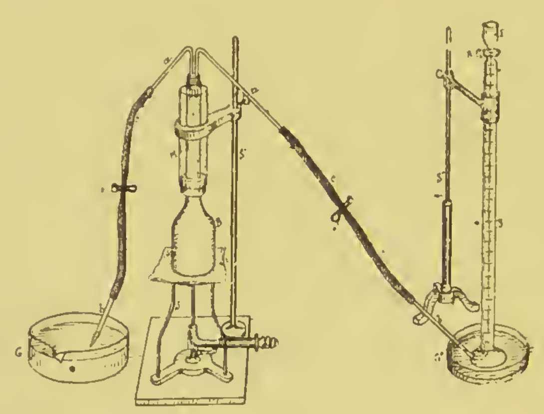


Fig. 50.

Deux supports, l'un S avec brûleur à gaz et toile métallique *t*, l'autre S′ avec pince pour le manchon M. Enfin. une burette à gaz B′ de 25 cc. graduée en centimètres cubes et 1/10 de cc. avec entonnoir E communiquant par l'intermédiaire du robinet R, avec la burette; celle-ci est maintenue dans le vase C par un

support S″. Le ballon B communique avec G par les tubes *a*, *c*, *b*, et avec la burette B′ par les tubes *a′*, *c′*, *b′*; le tube *a* plonge dans le ballon jusque près du fond, tandis que le tube *a′* affleure simplement la face inférieure du bouchon.

Opérations préliminaires. — 1° On remplit la burette B′ et le vase C avec une solution de soude caustique à 10 p. c., récemment bouillie et refroidie, l'entonnoir E restant vide.

2° On remplit presque entièrement le vase G avec l'eau à analyser, on le pèse sur une balance sensible au décigramme on et note le poids.

3° On introduit 50 à 60 cc. d'eau distillée dans le ballon B, on met le bouchon muni de ses tubes et des pinces *p* et *p′*, on allume le brûleur et on chauffe à l'ébullition que l'on maintient jusqu'à ce qu'il ne reste plus que 10 à 15 cc. environ d'eau dans le ballon. Pendant cette opération, *b′* plonge dans le liquide alcalin en C mais en dehors de la burette B′, tandis que *b* communique avec l'atmosphère. Lorsque l'ébullition doit être arrêtée, on ferme *c* avec *p* et on plonge immédiatement *b* dans le vase G, puis on ferme ensuite *c′* avec *p′* en même temps que l'on éteint le feu.

Dosage. — L'appareil étant refroidi, on ouvre la pince *p* et on laisse entrer l'eau dans le ballon jusqu'à ce qu'elle arrive un peu en dessous de la naissance du goulot, on ferme alors la pince et on pèse de nouveau G : la différence des deux pesées indique la quantité d'eau introduite dans le ballon, moins celle contenue dans le tube *a b*.

Pour faire passer celle-ci dans le ballon, il suffit de plonger *b* dans un petit gobelet rempli d'eau distillée récemment bouillie et refroidie, d'ouvrir *p* et de laisser passer en B quelques centimètres cubes de ladite eau, après quoi on ferme *p*.

Tout étant ainsi arrangé, on chauffe le ballon d'abord doucement puis plus fortement, en même temps que l'on fait passer un courant continu d'eau froide dans le manchon M, en vue de condenser la vapeur d'eau. Dès que la partie *c′* du tube en caoutchouc commence à se gonfler, on desserre doucement la pince *p′* de manière à laisser passer les gaz et à les diriger dans la burette B′ où on les recueille; cette opération demande à être con-

duite avec quelque attention, car si l'on ouvrait brusquement p' le mercure passerait de B′ en B, ce qu'il faut éviter.

Lorsqu'il n'arrive plus de bulles gazeuses en B′, on arrête l'écoulement d'eau froide dans le manchon, que l'on vide même entièrement de façon à activer la marche de l'opération, et l'on continue l'ébullition jusqu'à ce que la vapeur d'eau commence à sortir du tube b'; on éteint alors le feu et on supprime immédiatement toute communication entre B′ et B.

Il reste maintenant à mesurer le volume total du gaz recueilli, ce à quoi l'on parviendra de la manière indiquée page 85.

Pour doser l'oxygène, on remplira à peu près complètement l'entonnoir E avec une solution concentrée de pyrogallate de potasse et, mieux encore, avec une solution de chlorure chromeux, dont l'action absorbante est très énergique; on maintient, pendant l'absorption, la burette B plongée dans l'éprouvette (p. 85) de manière que les deux niveaux coïncident constamment. Lorsque le réactif absorbant ne pénètre plus dans la burette, on appuie sur celle-ci avec précaution, de manière à l'enfoncer légèrement dans l'éprouvette jusqu'à ce que le niveau intérieur soit un peu plus bas que le niveau extérieur; on produit ainsi une légère pression sur le volume gazeux restant, pression qui le met en contact plus intime avec le réactif absorbant, ce qui complète son action. Toutefois il est nécessaire de surveiller avec soin cette petite manipulation afin d'éviter des pertes de gaz.

La mesure du volume gazeux restant s'exécutera comme la première fois et donnera le volume de l'azote; celui de l'oxygène s'obtiendra par différence.

Il est bon toutefois d'essayer si l'azote est pur et notamment s'il ne contient pas de carbures d'hydrogène (voir p. 95 et suivantes).

XVIII. — OXYGÈNE

Un procédé de dosage exact et rapide de l'oxygène seul présenterait un très sérieux intérêt; aussi a-t-on cherché, depuis longtemps déjà et un peu partout, à le découvrir. Malheureusement on n'y est certes pas encore parvenu.

Quelques auteurs estiment cependant que le procédé Gérardin, tel qu'il a été modifié par Schutzenberger et Risler, donne des résultats très satisfaisants et très rapides. Pour notre part, nous ne lui reconnaissons aucun avantage sur celui que nous allons décrire, ni comme exactitude, au contraire même, ni comme rapidité; par contre, il est beaucoup plus incommode pour tout ce qui concerne la préparation et l'emploi des réactifs. Nous n'en dirons donc pas davantage.

Dans la première édition de cet ouvrage, nous avons décrit un procédé basé sur l'absorption de l'oxygène par l'oxyde ferreux à l'état naissant et la détermination de la valeur numérique de cette absorption par le permanganate de potasse. Malheureusement nous n'avions pu, la maladie nous clouant sur notre lit, revoir nos épreuves ni contrôler les descriptions, de telle sorte que nous ne nous sommes aperçus que beaucoup trop tard de la faute grossière que nous avions commise, en oubliant de mentionner l'emploi de la soude caustique. Cette faute, nous la réparons ici et nous indiquons, d'autre part, un *modus operandi* tout aussi simple, mais donnant des résultats plus précis et permettant d'exécuter le dosage aussi facilement sur les lieux mêmes, c'est-à-dire au moment du puisage, qu'au laboratoire.

Appareil. — Dans le laboratoire, le mieux est d'employer un gobelet ou un flacon à large goulot, aussi étroit que possible et d'une capacité de 130 à 140 cc. environ. Les burettes de Mohr, les pipettes, etc., ordinaires, suffisent amplement. Quant on veut doser l'oxygène au moment même du puisage ou du prélèvement de l'échantillon, on fait usage d'une sorte d'éprouvette ordinaire mesurant à peu près 4 centimètres de diamètre et 12 centimètres de hauteur, d'une contenance de 125 à 130 cc. environ et portant un trait de jauge, que l'on peut tracer soi-même, limitant exactement une capacité de 100 cc. Cette éprouvette, dont la partie supérieure est rétrécie sous forme de goulot, peut être fermée par un bouchon en liège ou en caoutchouc à deux trous, dans l'un desquels est fixé la pointe d'une petite burette de Mohr à robinet, d'une contenance de 12 cc. et divisée en 1/10 de cc., et dans l'autre un petit bout de tube en verre pour laisser sortir l'air pendant l'addition du permanganate (fig. 51), trois pipettes de 2 cc. dont une au moins *très exactement* jaugée, complètent l'ap-

pareil nécessaire (ces pipettes peuvent être préparées au laboratoire même, au moyen de petits tubes à gaz).

Réactifs. — Ce sont ceux indiqués au § *i*, page 64, sous les nos 25 à 27 inclus; on y joint un petit flacon de benzine distillée pure.

Opération préliminaire. — Nous supposerons que l'on doit exécuter le dosage au dehors; dans le laboratoire, on employera, comme nous l'avons dit, le matériel ordinaire et un gobelet au lieu de l'éprouvette.

On introduit dans l'éprouvette E (figure 51) 100 cc. de l'eau à analyser puis on y ajoute 2 cc. d'acide sulfurique D et 2 cc. de solution A; on mélange doucement, puis on ferme l'éprouvette au moyen d'un bouchon portant le petit tube *t* et la burette de Mohr B préalablement remplie jusqu'au 0 avec la solution permanganique (1). On place l'appareil sur un morceau de papier blanc, devant une fenêtre bien éclairée, puis on laisse couler le permanganate dans l'éprouvette centimètre cube par centimètre cube, jusque coloration rouge faible permanente.



Fig. 51.

On note le nombre de centimètres cubes nécessaires à cette fin, soit par exemple 11, on vide l'éprouvette, on la rince avec l'eau même puis on la remplit de nouveau jusqu'au trait de

(1) Il faut qu'avant de mettre le bouchon en place, le liquide descende jusque l'extrémité de la pointe *p* et affleure en même temps au 0.

jauge et on recommence le dosage, mais en ayant soin de verser le permanganate goutte à goutte à partir du 10° cc., jusqu'à ce que le liquide paraisse coloré en rouge très clair mais bien visible en regardant de haut en bas et un peu obliquement. Supposons que l'on ait employé, pour obtenir ce résultat, $10^{cc}1$.

Dosage. — Le titre du permanganate étant fixé par rapport à l'eau et au sel ferreux employés, on procède au dosage de l'oxygène en suivant exactement la marche indiquée ci-dessus, mais avec les modifications suivantes :

On verse 100 cc. d'eau dans l'éprouvette, on ajoute 2 cc. de soude, puis 10 cc. environ de benzine et ensuite 2 cc. solution ferreuse ; on laisse réagir pendant 1 minute au plus, puis on ajoute 2 cc. permanganate, on applique la paume de la main gauche sur le goulot de l'éprouvette et on renverse celle-ci sens dessus dessous pour bien mélanger les liquides et dissoudre tout l'oxyde ferrique. On place alors l'éprouvette sur une surface blanche, on met le bouchon et on laisse couler du permanganate goutte à goutte jusque coloration rouge faible, soit par exemple, $5^{cc}9$. La différence : $10^{cc}1 - 5^{cc}9$ ou $4^{cc}2$, représente l'oxygène absorbé par le sel ferreux ; or, nous savons que 1 cc. permanganate correspond à $0^{mgr}2$ d'oxygène : par conséquent, le poids de ce gaz en dissolution dans un litre d'eau sera égal à $4^{cc}2 \times 10 \times 0^{mgr}2 = 8^{mgr}4$ ou $5^{cc}85$ environ (chiffre trouvé le 5 octobre 1893 à midi, dans l'eau de canalisation de la ville de Bruxelles).

Remarques. — 1° La benzine ayant pour effet d'éviter toute action de l'air ambiant, permet par conséquent d'opérer en vase ouvert et de supprimer l'emploi des pipettes ou des burettes, appareils, etc., spéciaux ou coûteux et d'un fonctionnement plus ou moins délicat.

2° Certaines eaux ferrugineuses, nitreuses, etc., décolorent en milieu acide une quantité de permanganate supérieure à celle exigée par les 2 cc. de solution ferreuse dans l'eau pure, mais il n'y a pas à s'en préoccuper au point de vue du dosage de l'oxygène, puisque la réaction se produit aussi bien lors du titrage préliminaire que pendant le dosage même. On notera cependant le phénomène et le volume de permanganate supplémentaire, lequel permettra de calculer la quantité de fer ou d'acide nitreux y correspondant.

XIX. — DEGRÉ HYDROTIMÉTRIQUE.

Nous répétons ici ce que nous avons dit dans notre Introduction : la détermination du degré hydrotimétrique est sans aucune valeur au point de vue hygiénique; nous nous bornerons donc à reproduire à peu près textuellement la description du procédé d'après l'*Annuaire* de l'*Observatoire de Montsouris.*

1° **Liqueur hydrotimétrique.** — Savon amygdalin bien sec, 100 grammes, alcool à 90°, 1,600 grammes : on dissout le savon dans l'alcool en chauffant jusque ébullition, on filtre pour séparer les matières insolubles et on ajoute à la dissolution filtrée 1000 cc. d'eau pure.

2° **Liqueur normale de chlorure de calcium.** — On dissout 0gr25 CaCl fondu et sec dans 1000 cc. d'eau distillée.

On admet que cette dissolution normale correspond à 22° hydrotimétriques; 1° correspondant par conséquent à 11mgr4 de chlorure de calcium dans un litre.

Cette convention, absolument arbitraire d'ailleurs, doit être adoptée par tous les observateurs, afin que les résultats, exprimés en degrés, soient comparables.

3° **Titrage de la liqueur hydrotimétrique.** — On en remplit une burette de Mohr de 50 cc. et on la laisse couler goutte à goutte dans un flacon contenant 40 cc. de chlorure de calcium normal, jusqu'à formation d'une mousse persistante, c'est-à-dire ne disparaissant pas par agitation. On note le nombre de centimètres cubes nécessaires, puis on recommence l'opération, mais sur 20 cc. de CaCl seulement.

4° **Calculs.** — 40 cc. CaCl exigent 20cc4 }
20 » » 11cc0 } différence 9cc4.

Soit 9cc4 de liqueur de savon pour 20 cc. de liqueur normale ou 18cc8 pour 40 cc., correspondant à 22° hydrotimétriques. 1 cc. de la liqueur de savon correspond, par conséquent, à 22 : 18cc8 = 1°17.

L'exactitude des calculs reposant toute entière sur celle du titre de la liqueur de calcium, il est nécessaire de le fixer exactement par précipitation au moyen de l'oxalate d'ammoniaque.

4° **Dosage.** — On prend 5, 10, 20 cc. de l'eau à analyser et on y ajoute 35, 30, 20 cc. d'eau distillée pure, de manière à opérer

toujours sur 40 cc.; on procède ensuite comme pour le titrage ci-dessus.

Lorsque l'eau est très chargée en sels calcaires, il se forme à la surface du liquide à mesure que l'on ajoute le savon, des grumeaux qui empêchent de saisir avec précision l'apparition de la mousse. Dans ce cas, il faut arrêter l'analyse et recommencer en prenant moins d'eau.

5° **Détermination du degré hydrotimétrique après ébullition.** — On verse 100 cc. de la liqueur dans un ballon de verre et on la soumet à l'ébullition pendant une demi-heure. Si l'eau contient des bicarbonates de chaux et de magnésie, pendant l'ébullition les bicarbonates sont transformés en carbonates, le carbonate de chaux se précipite soit seul, soit accompagné d'une petite quantité de carbonate de magnésie; mais, par le refroidissement et l'agitation de la liqueur, ce dernier se redissout, de manière qu'en filtrant on ne sépare que le carbonate de chaux. Quand le liquide est refroidi, on complète son volume, réduit par l'évaporation, à 100 cc. avec de l'eau distillée. On filtre et la liqueur filtrée est analysée avec la liqueur de savon. Son degré hydrotimétrique, comparé à celui qu'elle avait avant l'ébullition, fait connaître, par différence, la proportion de carbonate de chaux qu'elle a perdue. Il convient cependant de remarquer que la différence des lectures ainsi obtenues donne non-seulement le carbonate de chaux, mais encore l'acide carbonique dissous dans l'eau et qui a été chassé pendant l'ébullition.

Il est nécessaire de faire subir à la lecture correspondant à l'eau bouillie une correction de 3° en raison de la solubilité du carbonate de chaux dans l'eau.

Exemple : Eau de Choisy-le-Roi.

Titre hydrotim. direct :			$1°,2 \times 17,2 = 20°,6$
Après ébullition	40^{cc} . 7,3		$1°,2 \times 5,6 = 6°,7$
	20 . 4,5		

Il faut donc donner comme lecture après ébullition

$$6°,7 - 3° = 3°,7.$$

On voit que cette eau (de Choisy-le-Roi) est très carbonatée : la lecture correspondant à ce carbonate, laissant de côté l'acide carbonique dissous, serait de 20°,6 — 3°,7, soit 17° de la liqueur

normale, c'est-à-dire 10^{mgr}3 × 17 = 175 milligrammes de carbonate de chaux par litre d'eau.

M. Albert Levy publie dans l'*Annuaire de Montsouris*, année 1892, pages 291 et suivantes, une étude critique du procédé hydrotimétrique au cours de laquelle il énumère les diverses causes d'erreurs que l'on doit, dit-il, éviter. Nous les résumons brièvement ici :

1° L'eau distillée n'a jamais un titre nul, on doit donc faire les corrections nécessaires;

2° Les résultats varient suivant la plus ou moins grande rapidité avec laquelle on verse la liqueur hydrotimétrique : de *plus de 2°* quand on opère sur 40 cc. d'eau et de plus de *16°* (!!) quand on n'a opéré que sur 5 cc. M. Levy recommande de verser la liqueur par 10 gouttes au début, par 5 quand la saturation est presque obtenue et, enfin, par 2 gouttes au moment où l'opération va être terminée;

3° **Fausse mousse.** — On parvient le plus souvent à la faire disparaître en versant dans le liquide 1 ou 2 gouttes d'AzH^3 étendue de son volume d'eau. Dans tous les cas, il convient d'attendre *quelques* minutes, en imprimant au liquide un léger mouvement de rotation autour de l'axe du flacon;

4° La correction de mousse n'est pas égale, comme le disent MM. Boutron et Boudet, à une division de leur burette : elle doit être déterminée par chaque opérateur et chaque fois que l'on change de liqueur hydrotimétrique et d'eau distillée;

5° M. Levy insiste vivement sur la nécessité absolue de vérifier fréquemment et avec le plus grand soin le titre des liqueurs. *Les liqueurs de savon fournies par les fabricants de produits chimiques peuvent faire varier les résultats* **d'un tiers**!!

6° Jusqu'en 1892, M. Levy avait admis que le chiffre de 3° soit 30^{mgr}9 carbonate de chaux, indiqué par MM. Boutron et Boudet, comme correspondant à la teneur de l'eau en carbonate calcaire après ébullition, était exact, mais il résulte d'expériences faites récemment par lui et dont les résultats sont publiés dans l'*Annuaire* de 1892 (p. 300 et suiv.) que cette " constante " est loin de l'être " constante ", puisqu'elle peut varier de 21.7 à 32^{mgr}5. Or, ces variations sont bien autrement considérables encore que ne le suppose M. Levy : c'est ainsi que Frésénius affirme que

l'eau bouillie peut retenir en dissolution jusque 113 milligrammes de carbonate de chaux; nos expériences sont peut-être plus caractéristiques encore : une même eau, celle de la ville de Bruxelles, en retenait de 31 à 68 milligrammes, suivant la durée de l'ébullition, le mode de refroidissement, le volume d'eau employé, etc. En refroidissant rapidement et à l'abri de l'CO^2 de l'air, on obtenait un chiffre minimum, tandis que le maximum correspondait à une eau refroidie lentement : 2 heures environ en vase largement ouvert.

DEUXIÈME PARTIE

ANALYSE MICROGRAPHIQUE

CHAPITRE PREMIER

TECHNIQUE

I. — Appareils.

Un *microscope* moyen modèle avec condensateur Nachet-Abbe, tube à tirage gradué, 2 oculaires et 3 objectifs dont 2 à sec et 1/12 à I-H, le tout acheté chez un constructeur de premier ordre : Nachet, à Paris; Reichert, à Vienne; Siebert, à Wetzlar; Watson et fils, à Londres; Zeiss, à Iéna.

On y joindra trois ou quatre douzaines de lames porte-objet, une centaine de lamelles couvre-objet, 5 ou 6 verres de montre, une ou deux douzaines de petits tubes à granules homéopathiques, 2 ou 3 verres coniques à pied de 50 à 60 cc. de capacité, quelques tubes pipettes — que l'on prépare soi-même — 1 ou 2 éprouvettes de 50 à 100 cc. graduées en 1/2 et 1/5 cc., deux flacons Zune à acide osmique (fig. 52) et une douzaine de tubes à essai en verre assez mince.

La plupart de ces objets sont du reste identiques à ceux du laboratoire et ne sont mentionnés ici que pour mémoire.

II. — Réactifs.

On peut tirer parti de tous ceux que l'on possède, mais les suivants sont seuls nécessaires.

a) Acide osmique. — On l'achète en tubes de 50 centigrammes (fig. 53) et on l'emploie en solution aqueuse à 1 p. c.; comme il est excessivement altérable et que ses vapeurs sont fortement irritantes pour les yeux, il importe de prendre quelques précautions tant pour la préparation que pour l'usage et la conservation des solutions.

Voici comment nous procédons :

Dans un flacon spécial d'une contenance de 50 cc. environ (fig. 52), préalablement lavé avec soin à l'acide sulfurique puis



Fig. 52.

à la soude caustique en solution aqueuse (10 p. c.) bouillante, rincés à l'eau distillée puis à l'alcool et, enfin, à l'éther sulfurique et séché, on introduit le contenu d'un tube à acide osmique, dont on détache au préalable la pointe par un trait de lime (*a*), on ajoute *immédiatement* 50 cc. d'eau *pure* bouillie et encore chaude, puis on ferme (pendant ces manipulations le bouchon a dû être tenu en main par un aide). Il suffit d'agiter doucement de temps en temps pour obtenir assez rapidement une solution limpide qui



Fig. 53.

se conservera aussi longtemps que l'on voudra, puisqu'il suffit pour en retirer tout ou partie de presser légèrement la poire en caoutchouc C. L'air qui rentre après la sortie du liquide étant obligé de filtrer au travers des bourres en verre filé introduites dans les boules B (par le constructeur) et A (au laboratoire et avant tout lavage), aucune matière organique ne peut avoir accès dans le flacon.

b) Acide acéto-chromosmique ou *chromo-acétosmique.*— Se conserve comme le précédent et se prépare comme suit : solutions aqueuses d'acide osmique à 1 p. c. et d'acide chromique à 5 p. c., de chaque 25 cc.; acide acétique cristallisable, 1 cc. On mêle dans le flacon même, lavé comme il a été dit en *a*. Ce réactif est beaucoup moins altérable que le précédent et peut le remplacer fréquemment.

c) Solution d'iode ou *liqueur Gram.* — On la prépare en ajoutant 1 gramme d'iode dans 300 cc. d'eau tenant en dissolution 2 grammes d'iodure potassique pur.

d) Chloroïodure de zinc. — On dissout à chaud et en agitant continuellement avec une baguette en verre, 50 grammes chlorure de zinc distillé pur dans 10 cc. d'eau distillée, on ajoute ensuite 5 grammes iodure potassique, on fait dissoudre, on introduit dans le mélange 1 gramme environ d'iode bisublimé, on chauffe *doucement* en agitant jusque apparition d'abondantes vapeurs violettes, on couvre, on laisse refroidir en remuant de temps en temps, on verse dans une éprouvette graduée en centimètres cubes et fermée à l'émeri, puis on lave la capsule avec la quantité — toujours très petite du reste — d'eau distillée nécessaire pour faire 35 à 36 cc., on agite doucement pour opérer le mélange, on verse dans un flacon jaune fermant à l'émeri et l'on conserve pour l'usage. La solution ainsi obtenue est d'un rouge brun clair, d'une densité égale à 1.8 environ et possède un indice de réfraction égal à 1.48 : il est inutile de filtrer, mais on doit la laisser déposer pendant 8 à 15 jours avant de s'en servir.

e) Solution aqueuse d'éosine. — Eau distillée 45 grammes, éosine 0^{gr}5, glycérine distillée pure 5 grammes. Mêlez.

f) Solution de picrocarminate d'ammoniaque. — Nous conseillons d'en acheter 50 cc. dans le commerce ou de tâcher de s'en procurer 20 ou 25 cc. chez un spécialiste, la préparation de ce réactif étant très délicate.

g) Solution aqueuse de vert de méthyle acide. — Eau distillée 48 grammes, vert cristallisé 0^{gr}5, acide acétique cristallisable 2 grammes.

h) Solution de violet Dahlia. — Se prépare comme la précédente, mais sans acide acétique.

Nota. — Les solutions *c*, *e*, *f*, *g* et *h* seront diluées au moment des besoins.

i) Médium Zune n° I. — Hydrate de chloral cristallisé pur 25 grammes, eau distillée chaude q. s. pour faire 25 cc. de solution que l'on verse dans un petit gobelet ou une petite capsule; on ajoute, en remuant continuellement mais très doucement, 25 cc. glycérine *anhydre* (30° B°).

k) Médium n° II. — On mélange une partie du précédent avec un égal volume d'eau distillée.

Ces deux liquides peuvent également servir comme agents conservateurs.

III. — Opérations préliminaires.

1° **Prise d'échantillons.** — N'exige aucune précaution particulière en dehors de celles qui sont mentionnées ailleurs (*Analyse chimique*, Ire partie, chapitre II). Le seul point sur lequel il faille insister plus particulièrement, est relatif au parfait nettoyage des flacons.

Il sera toutefois indispensable, si l'on désire être fixé sur la nature de la faune et de la flore microscopiques complètes d'un cours ou d'un réservoir d'eau, de prélever plusieurs échantillons en divers points, savoir : sous la surface, à une profondeur de 1 à 2 centimètres au plus; au milieu; au fond, avec un peu de vase ou de sable; sur les bords, avec des herbes flottantes et immergées sur lesquelles se posent ou se fixent souvent d'innombrables quantités de microorganismes de toute nature. Mais ce sont là des recherches exceptionnelles, qu'un micrographe expérimenté peut seul entreprendre et au sujet desquelles il ne doit avoir besoin d'aucun conseil.

2° **Formation du sédiment.** — L'examen d'une goutte d'eau prise au hasard n'est pas sans intérêt et ne doit pas être négligé, mais il est impossible de procéder à une analyse sérieuse sans concentrer sous le moindre volume possible la totalité ou tout au moins la plus grande partie possible des matières en suspension.

Pour ce faire, plusieurs procédés ont été préconisés et employés. L'idéal, celui qu'un avenir prochain, espérons-le, nous réserve à

tous, est basé sur l'action de la force centrifuge précédée ou non de la fixation des éléments par la chaleur ou l'acide osmique; malheureusement son application est, actuellement encore, trop coûteuse pour qu'il soit possible d'en parler ici. En attendant, nous devons nous borner à recommander les trois suivants et *ceux-là seulement;* on les emploiera simultanément ou isolément suivant les circonstances. Tous sont du reste applicables à toutes les eaux, mais lorsque celles-ci sont très troubles ou lorsqu'elles contiennent des sédiments trop grossiers, on doit les laisser reposer pendant quelques minutes à une demi-heure au plus pour séparer les particules les plus lourdes et les plus volumineuses.

a) On obture un petit entonnoir au moyen d'une bourre de coton bien tassée et lissée à ras de l'étranglement. c'est-à-dire de la naissance de la douille, on y verse un peu d'eau distillée chaude, on laisse égoutter puis on y introduit peu à peu 100 à 500 cc. d'eau à analyser, en ayant soin de la faire couler le long de la paroi et de ne jamais laisser vider entièrement l'entonnoir. Lorsque tout le liquide y a été introduit et qu'il n'y reste plus que 5 à 10 cc., on les verse dans un petit tube ou dans un verre de montre, en ayant soin de détacher au préalable les substances qui adhèrent à la paroi de l'entonnoir. On parvient à recueillir ainsi la presque totalité des organismes vivants ou morts y compris même les microbes, ainsi que tous les éléments quelconques en suspension dans l'eau.

b) On verse 1 cc. de solution osmique dans une éprouvette graduée de 100 cc., fermée par un bouchon en verre et lavée au préalable avec le plus grand soin; on ajoute peu à peu et en agitant chaque fois, 25 à 30 cc. d'eau, on laisse reposer pendant 10 à 20 ou 30 minutes suivant l'intensité de la coloration (laquelle ne se produit du reste pas toujours), puis on achève de remplir l'éprouvette avec de l'eau distillée filtrée, on agite et on met de côté pendant 12 à 24 heures. Le liquide est ensuite décanté et le précipité recueilli absolument comme en *a*. (Procédé Certes) (1).

Avantages et inconvénients de ces procédés. — L'acide osmique

(1) *Analyse micrographique des eaux*, Paris 1883, in-8°, de 28 pages avec 2 planches. Prix : fr. 2.50.

fixe parfaitement la plupart des organismes vivants et surtout les microbes, mais il altère assez fortement certains infusoires, rhizopodes, etc., et rend souvent très difficiles et toujours imparfaites les colorations ultérieures.

La filtration, *bien conduite*,est de beaucoup supérieure sous tous les rapports : elle est rapide, conserve aux organismes vivants ou morts leur couleur naturelle, et n'entrave aucune réaction ultérieure; cependant comme il est parfois difficile de caractériser sans les fixer, certains organismes vivants d'un protéiformisme souvent très remarquable, nous recommandons de soumettre une partie du liquide résiduel de la filtration à l'action d'une chaleur de 50 à 60° C.: il suffit de l'introduire dans un petit tube à essai que l'on maintient pendant 10 à 15 minutes dans un bain d'eau chauffé à la température indiquée.

c) *Précipitation chimique.* — Il arrive parfois que l'eau est très trouble et ne s'éclaircit par aucun des moyens que nous venons d'indiquer : telles sont, par exemple, celles qui contiennent de l'argile ou des combinaisons ferrugineuses ulmiques, etc.

Dans ces cas, du reste exceptionnels, on ajoute à 50 cc. des dites eaux, 5 gouttes d'une solution de sulfate d'alumine à 10 p. c. puis un égal volume d'une solution saturée de bicarbonate de soude, on agite et on laisse en repos jusqu'à ce que le précipité qui se forme immédiatement ou au bout de quelques instants, se soit rassemblé au fond du vase; on décante ou on siphone le liquide clair surnageant et on traite le précipité par l'acide acétique dilué — en chauffant au besoin vers 60 à 65° C. — de manière à obtenir un liquide peu volumineux et non opalescent. Il est parfois nécessaire de recourir à l'HCl, mais il ne faut le faire qu'en cas de nécessité absolue, car il altère toujours plus ou moins fortement les éléments qu'il s'agit d'observer.

IV. — Préparations microscopiques.

On dispose une série de verres de montre ou de petits tubes dans lesquels on introduit une petite quantité de sédiments à examiner et on ajoute dans chacun d'eux 1, 2 ou 3 gouttes des diverses solutions colorantes mentionnées au § III, et 2 à 6 gouttes

de notre liquide médium n° II, on agite doucement et on laisse réagir pendant quelques minutes à quelques heures suivant les éléments et les matières colorantes en présence.

On doit toujours commencer l'examen par le précipité tel quel, c'est-à-dire sans addition d'aucun réactif colorant ou autre et sous un grossissement de 50 à 60 diamètres, que l'on augmente suivant les besoins et jusqu'à ce que l'on doive s'arrêter faute de moyens d'amplification plus puissants que ceux dont on dispose. En règle générale, on peut dire cependant qu'il suffit de 100 à 150 diamètres pour la plupart des algues et des infusoires proprement dits, de 250 à 500 pour les autres organismes, les œufs d'helminthes, les débris de fibres musculaires et autres, etc., et enfin, de 800 à 1,200 diamètres pour les microbes, quelques monades, etc.

Pour immobiliser certains organismes vivants, on se trouvera bien de soutirer peu à peu le liquide de la préparation au moyen d'une bandelette de papier buvard posée près de l'un ou l'autre angle de la lamelle couvre-objet; mais il est absolument indispensable que cette succion soit *très lente* et surveillée de près au moyen d'un objectif faible, sinon l'animalcule se contracte et son étude ou sa diagnose deviennent plus difficiles encore qu'auparavant.

Pour colorer les *infusoires*, c'est-à-dire les ciliés, cilio-flagellés et cilio-cirrheux, on doit employer le picrocarmin et le vert de méthyle acide assez fortement dilués.

Il arrivera souvent, au cours d'une analyse d'eau, de rencontrer l'un ou l'autre élément que l'on serait désireux de conserver dans sa collection. On réussira facilement dans un grand nombre de cas en déposant au centre de la lame porte-objet une goutte de sédiment et y ajoutant un égal volume de notre médium n° I; on pose doucement une lamelle sur le tout, on porte la préparation sous une cloche à bords rodés posée sur un plan également rodé et on l'y conserve en présence d'acide sulfurique concentré jusque évaporation complète de l'eau contenue dans le mélange. On obtient ainsi une couche fortement sirupeuse de glycérine et d'hydrate de chloral très adhérente, très réfringente et bonne conservatrice des éléments y inclus; il suffit de border alors la

lamelle à la paraffine ou au baume de Judée, pour obtenir une préparation permanente.

On se trouvera bien également pour les algues et autres organismes colorés en vert, de la solution Petit dont voici la formule : eau camphrée saturée étendue de son volume d'eau distillée, 100 grammes, acide acétique cristallisable $0^{gr}5$, chlorure et nitrate de cuivre cristallisés *ââ* $0^{gr}2$.

CHAPITRE II

I. — Méthode de classement.

L'*analyse micrographique* a pour objet la détermination de tous les éléments en *suspension* dans les eaux potables; qu'ils soient amorphes ou cristallins, figurés ou non, vivants ou morts, entiers ou fragmentés, d'origine minérale, végétale ou animale, infiniments petits ou visibles à l'œil nu, tous sont justiciables de l'examen microscopique sans lequel leur diagnose est presque toujours impossible.

Mais ces éléments, nous l'avons vu, sont excessivement nombreux, si nombreux même qu'il serait radicalement impossible au micrographe le plus éminent de les caractériser, non pas en totalité mais même en partie, si on ne lui fournit pas un fil conducteur, c'est-à-dire une méthode de groupement lui permettant de se guider dans cette immense quantité de matériaux qui peuvent, à divers moments, se trouver sous ses yeux.

Que doit être cette méthode? Naturelle ou artificielle?

Si l'on ne tient compte que des arguments d'ordre scientifique, la réponse ne peut être douteuse : la méthode naturelle doit être seule adoptée; mais si l'on se place au point de vue pratique, le seul qui, en somme, doive nous préoccuper ici, on n'hésitera pas à recourir à un système aussi simple que possible, dut-il provoquer la critique ou la censure de l'Ecole. L'analyste n'a, en effet, ni le temps ni le plus souvent l'installation nécessaires pour tirer parti des connaissances anatomiques ou embryogéniques qu'il pourrait posséder, et il doit pouvoir se baser sur des *caractères nettement apparents, aisément et immédiatement appréciables,* par conséquent *morphologiques.*

Cette manière de voir nous éloignera fréquemment des classifications habituelles, mais si l'on réfléchit que celles-ci sont loin d'être parfaites, tel auteur nommant plante ce que tel autre déclare être un animal et *vice-versa*, et que l'un comme l'autre peu-

vent avoir raison, tant le *sarcode* d'une *monère* ou d'une *amibe*, par exemple, ressemble au *protoplasma* d'une *myxamibe* et les cils ou flagella d'un *rhizopode* à ceux d'une *zoospore* d'algue, etc., on conviendra qu'une transgression même importante à de semblables groupements prétendûment naturels, n'est pas, somme toute, chose pendable ni surtout impardonnable.

Nous nous préoccuperons donc avant tout des intérêts du lecteur et nous suivrons en conséquence l'ordre que nous estimons — à tort ou à raison, c'est un point que la critique pourra apprécier — être le plus convenable pour atteindre le but que nous avons en vue. En conséquence, nous grouperons comme suit les divers éléments à déterminer :

A. — Substances minérales diverses, cristallines ou amorphes, *débris* de végétaux ou d'animaux.

B. Organismes et organes divers, que nous subdiviserons d'après leur forme générale et la nature ou l'espèce des organes les plus apparents, en *amœbiformes, sphœriacés, rayonnés, flagellés, ciliés, cilio-cirreux, thallomorphiacés, cœlentérés, vermiformes arthropodes* et *molluscoïdes;* chacune des subdivisions en question pouvant comprendre à la fois des *organismes* et des *organes* d'origine végétale ou animale, mais de même forme ou présentant les mêmes caractères extérieurs. Toutefois nous aurons soin d'indiquer parallèlement le nom scientifique du genre et même autant que faire se pourra, de l'espèce, ainsi que les caractères morphologiques ou micro-chimiques permettant de distinguer ceci de cela ou réciproquement.

II. — Substances minérales et débris organiques divers.

1° **Substances minérales.** — Celles que l'on peut rencontrer dans les sédiments aqueux proviennent exclusivement, sauf circonstances exceptionnelles, des terrains sur lesquels coulent ou stagnent les eaux douces ; on trouvera donc du quartz, de la craie, de la marne, de l'argile, de l'oxyde ou du carbonate de fer et, mais moins cependant, des parcelles de charbon, de suie, de ciments divers, etc.

Les formes sous lesquelles se présentent ou peuvent se présenter ces divers éléments sont si nombreuses, si variées et surtout

si irrégulières, qu'il nous est naturellement impossible de songer même à les représenter ici sous leur aspect le plus ordinaire; nous en avons cependant fait dessiner quelques-unes parmi les plus fréquemment rencontrées au cours de nos recherches, savoir :

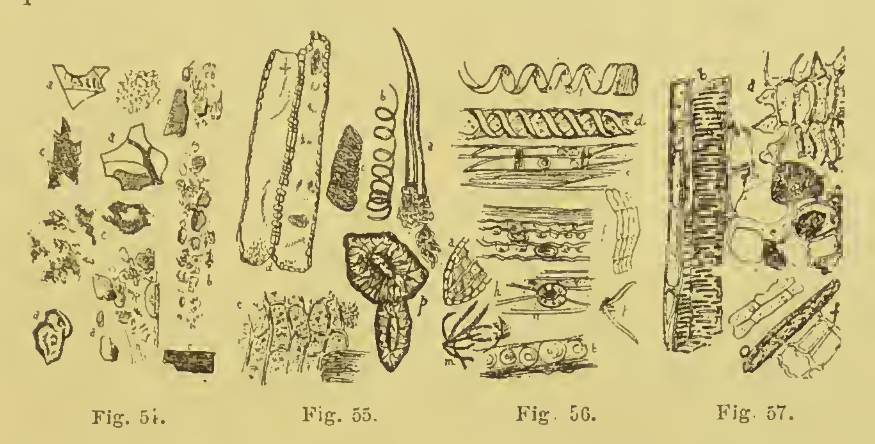


Fig. 54. Fig. 55. Fig. 56. Fig. 57.

du charbon, de la craie, du fer, de la silice à l'état quartzeux, etc. (fig. 54).

2° **Débris d'origine végétale.** — On trouvera des fragments d'herbes, de bois, de paille, de feuilles, des poils d'ortie, d'aigrettes de synanthérées, etc. (fig. 55, 56 et 57); des débris des diverses fibres textiles entrant dans la confection de nos vêtements, tapis, rideaux, etc., et qui, flottant dans l'air, peuvent s'introduire dans les eaux de surface et même dans les eaux profondes incomplètement abritées. Nous signalerons particulièrement

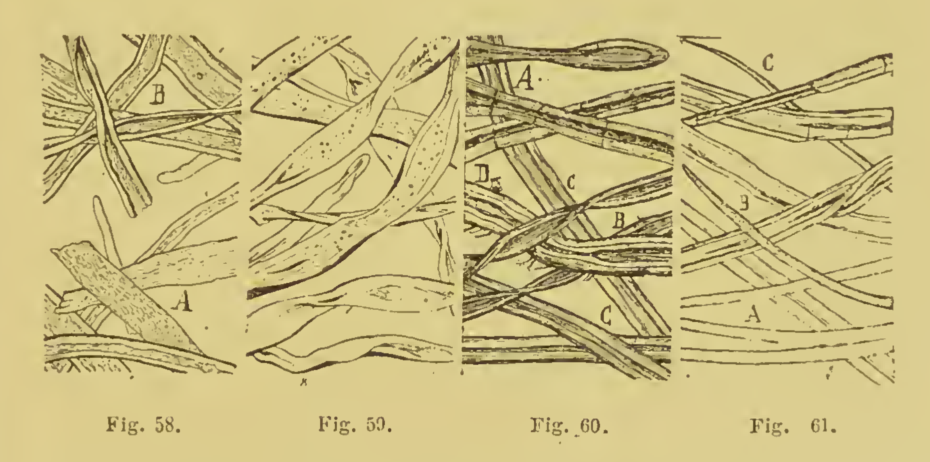


Fig. 58. Fig. 59. Fig. 60. Fig. 61.

les fibres de coton (fig. 58, 59 et 60 B), de china-grass et de lin (fig. 61, B et C), de chanvre ordinaire, de jute et de chanvre de Manille (fig. 60 A, C et D); des grains d'amidon ou de fécule in-

tacts ou brisés, éclatés, reconnaissables à leur action sur la lumière polarisée et à la teinte bleue que leur communique la solution d'iode très diluée.

Citons notamment le blé (62), le seigle (63), l'orge (64), le riz (65). le maïs (66) et la pomme de terre (67).

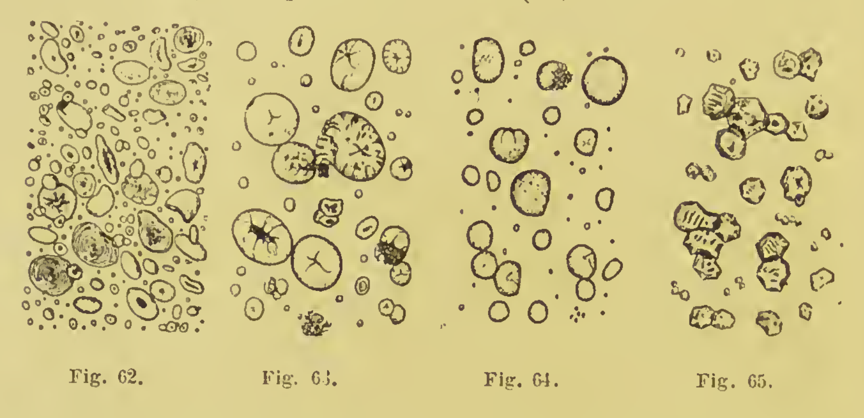


Fig. 62. Fig. 63. Fig. 64. Fig. 65.

Parmi les débris végétaux que l'on peut rencontrer dans les eaux potables, il en est un certain nombre qui peuvent y avoir été introduits avec les eaux ménagères, les eaux d'égout, les matières fécales, etc. Il est malaisé de reconnaître ces diverses origines si l'on ne trouve pas en même temps certains débris animaux dont nous parlerons ci-après; on peut cependant dire que les grains d'amidon cuits et surtout ceux qui ont traversé le tube digestif de l'homme ou des animaux, ne ressemblent plus du tout à ceux qui peuvent se trouver en suspension dans l'atmosphère (*Cf* fig. 67, *a* et *b*) et ajouter qu'il est même fréquent de ne les y rencontrer que sous forme de fragments, ne présentant pas toujours la réaction iodique dont nous venons de parler. Ces caractères négatifs pourront même parfois aider à la diagnose, de même que la nature de certains autres éléments dont la présence dans les eaux ne peut guère s'expliquer d'une autre manière, telles les cosses, l'épiderme et l'amidon des légumineuses, les fragments d'épidermes de certains fruits, les cellules pierreuses ou scléreuses (fig. 55, p. 157) de quelques autres, telles que celles du café (fig. 57), etc.; enfin une coloration anormale, étrangère à ces éléments et que l'on peut supposer être d'origine biliaire, stercorale, aidera encore à la diagnose. D'autre part, la connaissance de l'origine de l'eau : puits, mares ou petits étangs avoisinant les habitations, les écuries, les fosses d'aisance, etc., canaux

sur lesquels circulent ou sont amarrés de nombreux bateaux, etc., sera d'un concours précieux en l'occurrence.

3° **Débris d'origine animale.** — Les uns n'ont de signification que par leur nombre : ce sont des organes ou fragments d'organes d'insectes, etc., des poils de divers animaux domestiques, des débris de tissus et vêtements divers en laine et en soie, dont la présence dans les eaux se justifie comme ci-dessus.

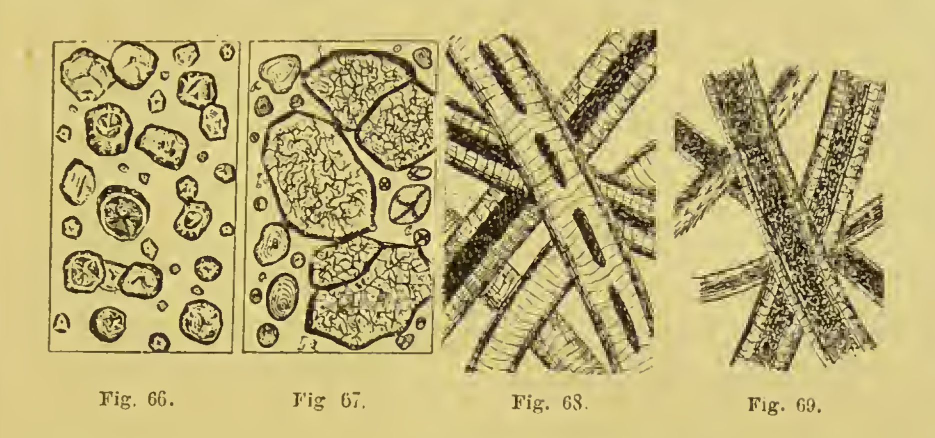


Fig. 66. Fig. 67. Fig. 68. Fig. 69.

Signalons notamment les poils de bœuf (68), de cheval (69), de chien (70), de chat (71), de mouton (72); des brins de diverses sortes de soie (61 A et 73), de plume ou duvet d'oiseaux (74); des antennes, ailes, pattes, œufs, etc., d'insectes (75), de spicules d'éponge.

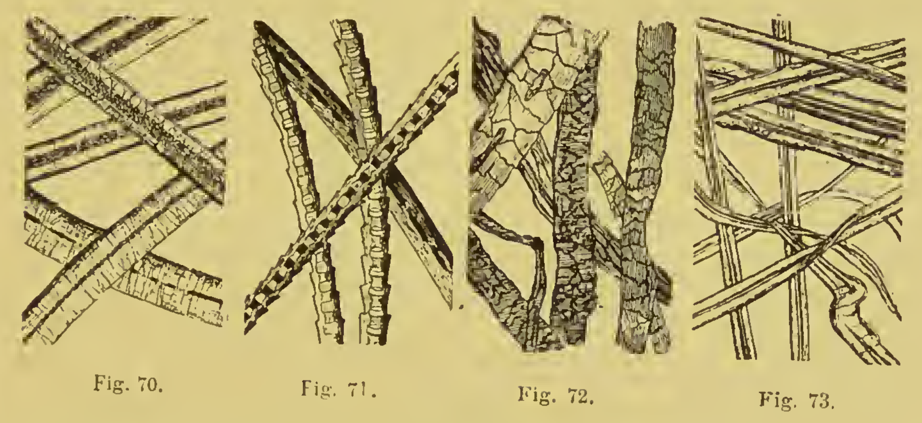


Fig. 70. Fig. 71. Fig. 72. Fig. 73.

Les autres doivent faire suspecter vivement la pureté du liquide en raison de leur origine probable; ce sont les débris du tissu musculaire des animaux de boucherie ou autres qui sont rejetés avec les matières fécales, les cristaux ou gouttes de graisse,

les épithéliums intestinaux, vésicaux ou vaginaux, les débris de fibres élastiques, connectives ou nerveuses, et introduits dans l'eau avec elles ou bien y arrivant par l'intermédiaire des eaux ménagères, d'égout, etc. Comme il est rare que la fibre musculaire ait perdu son aspect strié et que, d'autre part, elle s'est généralement imprégnée, pendant son passage à travers le tube digestif, de pigments divers qui la colorent en jaune, en brun, etc., plus

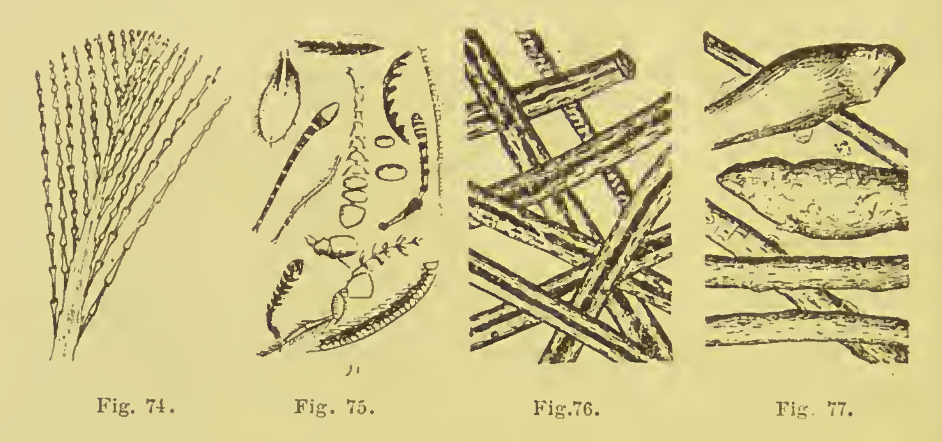


Fig. 74. Fig. 75. Fig. 76. Fig. 77.

ou moins foncé ou clair, il est aisé d'en reconnaître la présence. Les figures 55 et 78 représentent, d'après nos préparations, divers débris d'origine végétale (55) et animale (78) ayant traversé le tube digestif et séjourné dans un grand volume d'eau, fréquemment renouvelée, pendant deux mois environ.

Enfin, on peut encore trouver dans les eaux potables soit des cheveux — tout comme dans la soupe ! — entiers ou en fragments, soit des poils (ou duvet) des diverses parties du corps humain provenant des eaux ayant servi aux ablutions partielles ou aux bains généraux et versées dans les égouts ou même jetées directement dans les fleuves, rivières, étangs, etc. (fig. 76 et 77).

III. — Zoophytes amœbiformes.

Définition. — Ce sont de simples masses *sarcodiques* ou *protoplasmiques* douées de la faculté d'émettre, en une ou plusieurs régions de leur corps, des prolongements de même nature et de même aspect que ce dernier, connus sous la dénomination de *pseudopodes, lobopodes* ou *rhizopodes*, ces derniers pouvant s'anastamoser et déterminer ainsi des groupements variables dont *Monobia confluens* Schn. (fig. 81) nous fournit un bel

exemple. On peut les grouper sous les dénominations de *Monères* et d'*Amibes*.

a) *Monères*. — Ce sont les plus simples des êtres organisés; les unes sont nues : *Monères* d'Hœckel (fig. 79 A et 80), *Myxamibes* de

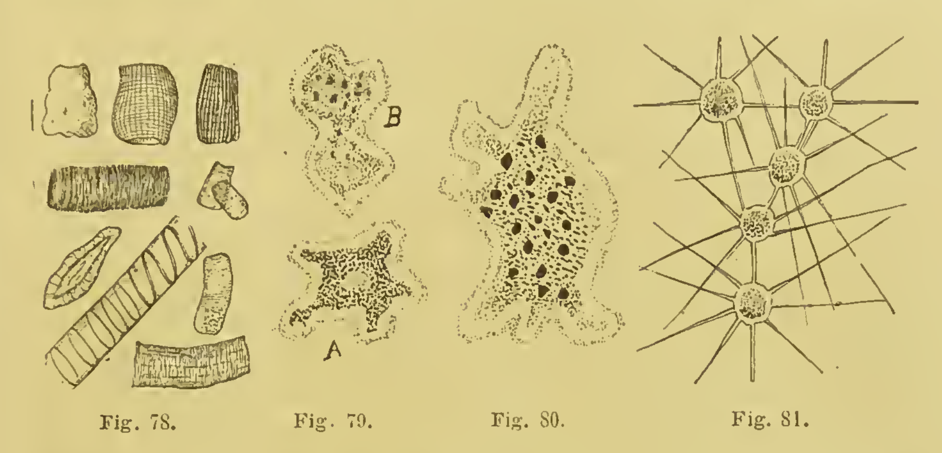


Fig. 78. Fig. 79. Fig. 80. Fig. 81.

certains champignons (fig. 79 B) ou entourées d'une membrane plus ou moins épaisse et plus ou moins dense tels que *M. confluens* (fig. 81), *M. brachiata* (fig. 83) et *Proteus tenax* (fig. 86), parfois même chitineuse, lisse ou pourvue de poils raides, immobiles : *Trichamœba pilosa* From. (fig. 88) et dont l'usage est encore inconnu. Celles dont nous venons de parler ont une organisation des plus simples, mais les suivantes sont déjà un peu plus compliquées; ainsi dans *Amœba radiosa* (fig. 84) et *diffluens* Duj. (fig. 82), *Trichamœba* From. (fig. 87), on note la présenee d'une



Fig. 82. Fig. 83. Fig. 84. Fig. 85. Fig. 86. Fig. 87.

vésicule pulsatile remplie d'un liquide incolore qui est projeté au dehors à chaque contraction de la masse sarcodique; celle-ci contient, en outre, plusieurs granulations plus grosses et plus denses que le reste du corps. Enfin, on rencontre des espèces à

membrane incrustée de grains de quartz, de calcaire, etc., comme *Difflugia oblonga* (fig. 85), *mais aucune n'est pourvue de noyau.*

Les *Monères* habitent les eaux stagnantes : puits, mares, étangs, fossés, etc., contenant des matières organiques en voie de décomposition ; il est cependant assez rare que les échantillons d'eau examinés au point de vue hygiénique en contiennent, les monères rampant presque toujours sur le fond ou dans la vase, bien qu'à certains moments elles s'élèvent parfois à la surface : ainsi le *Proteus tenax* Duj. (fig. 86) n'est pas rare en mars et avril.

b) *Amibes.* — Analogues aux *Monères*, mais toujours pourvues d'une membrane et d'*un noyau* se colorant beaucoup plus fortement par le carmin que le protoplasma environnant. Elles possèdent également une, deux et parfois, mais rarement, plusieurs vésicules contractiles et un nombre variable de vacuoles simples. Enfin, dans plusieurs espèces la membrane s'est transformée en une sorte de cuirasse dans laquelle le corps peut se mouvoir et même s'allonger au dehors : telles sont *Arcella vulgaris*, représentée de face en A et de côté en B (fig. 89). *Quadrula symetrica* (fig. 91), *Hyanosphena lata* (fig. 92) et *Euglypha globosa* (fig. 93).

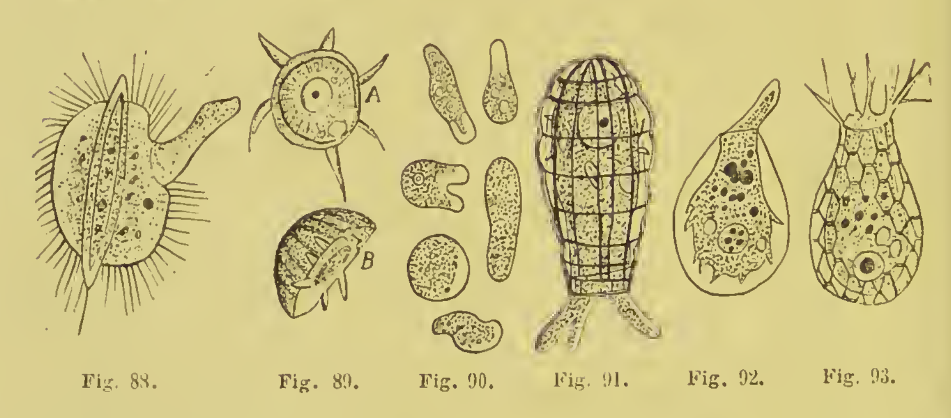


Fig. 88. Fig. 89. Fig. 90. Fig. 91. Fig. 92. Fig. 93.

Presque toutes les *Amibes* sont incolores, cependant nous en avons rencontré une *(Arcella pilleum?)* dont la carapace chitineuse, en forme de chapeau, était d'un beau rouge carmin et les pseudopodes teintés de vert clair (pl. I, fig. 22).

Les *Amibes* ne sont pas rares dans les eaux douces, même limpides, mais on les rencontre surtout dans les puits, mares, étangs, fossés, etc. Ainsi Vejdowsky a signalé la présence fréquente dans

les puits de Prague de *Corycia stercorea* et d'*Euglophysa dentata*, dont la première a été trouvée également dans les réservoirs de la canalisation d'eau de Lille par M. le professeur Moniez (1). En été, on se procure aisément des amibes en laissant tremper dans l'eau, pendant 24 à 48 heures, un bouquet de fleurs.

La présence de certaines d'entre elles peut faire soupçonner une contamination par des matières fécales : telle *A coli* Duj. (fig. 90).

IV. — Sphœriacés.

Nous comprenons sous cette dénomination tous les organismes et tous les organes (spores, œufs, grains de pollen, etc) mono- ou pluricellulaires, isolés ou agglomérés soit et le plus souvent dans une gangue formant des zooglées, soit en files de cellules accolées, de forme ronde ou ovoïde plus ou moins régulière et à membrane nue ou simplement incrustée de corps étrangers. Nous en extrairons toutefois la famille des *coccacées* telle qu'elle est généralement comprise maintenant et dont l'étude doit être renvoyée à la 3e partie (analyse microbiologique).

1° *Sphœriacés isolés.* — La plupart sont colorés en rouge ou en vert et quelques-uns en bleu ou en jaune, mais il en est aussi d'incolores. Parmi ces derniers, nous citerons tout particulièrement les diverses espèces de *Saccharomyces* (fig. 97 et 98), que l'on peut rencontrer dans les eaux contaminées par les résidus des industries de la fermentation; les spores de divers champignons et de quelques algues incolores qui se trouvent principalement dans les eaux contaminées par les excréments des bovidés, des solipèdes, etc. (fig. 96); enfin, les œufs de certains vers, pour lesquels une description au moins sommaire est indispensable, savoir :

a) *Œuf de tenia mediocanellata* (fig. 94). — Se présente sous l'aspect d'une sphère légèrement ovoïde, à coque chitineuse, mesurant de 36 à 47 μ sur 28 à 35 et renfermant un embryon hexacanthe de 28 à 32 μ sur 23 à 26. Cet embryon reste enfermé dans sa coque jusqu'à ce que l'œuf soit avalé avec l'eau de

(1) *Faune de seaux souterraines du département du Nord,* Lille, 1889, in 8° de 60 pages, dont l'auteur a bien voulu nous adresser un exemplaire.

boisson ou avec les aliments par certains ruminants et spécialement par le bœuf qui le repasse volontiers à l'homme.

b) *Œuf de tenia solium* (fig. 95). — A la même structure que le précédent, mais il est plus petit : de 30 à 36 μ; on les trouve parfois enveloppés d'une membrane blanche, molle, pigmentée. D'appès Tiemann et Gartner, ces derniers se rencontreraient particulièrement là où l'on élève des porcs. L'iode colore les œufs de tenia en jaune brun clair très prononcé.

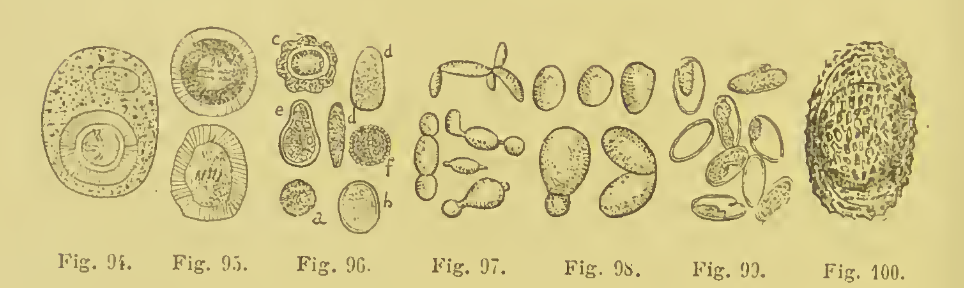


Fig. 94. Fig. 95. Fig. 96. Fig. 97. Fig. 98. Fig. 99. Fig. 100.

c) *Ascaris mystax* (fig. 100). — Fréquent chez le chat et le chien, rare chez l'homme; l'œuf est trop caractéristique pour qu'il soit nécessaire de le décrire; disons seulement qu'il mesure de 68 à 72 μ et que son développement est le même que chez le suivant.

d) *Oxyure vermiculaire* (fig. 99). — L'œuf est ovoïde, lisse, mesure de 50 à 52 μ sur 18 à 24. La coque est lisse, assez résistante, mais se fragmente cependant assez facilement lorsque l'œuf est jeune; formée de trois couches superposées et entourée d'une mince enveloppe albumineuse au moyen de laquelle les œufs s'accolent, adhèrent entre eux après la ponte. L'acide acétique sépare le chorion du reste de la coque. Les œufs d'oxyure ne se trouvent que rarement dans l'eau, ce liquide les détruisant assez rapidement; aussi peut-on dire que leur présence dans un sédiment serait le signe le plus manifeste d'une contamination récente ou continue par les matières fécales. Ils se colorent très nettement en rose par l'éosine.



2° *Sphœriacés colorés.* — Sont nombreux et importants. Nous citerons particulièrement ceux que nous avons figurés planche I, savoir : le *Protococcus pluvialis*, parfois bleu ou bien

rougeâtre, mais généralement vert (26); le *Tessararthra fasc.* Morren, pyriforme et d'un beau vert foncé (10 et 11); les formes jeunes, sphériques et rouges de la *Discærea purpurea* Morr. (3); le *Balbiani investiens*, sous forme d'ovoïde légèrement tronqué, rose pourpre et assez petit en mai (40), jaune verdâtre sale et beaucoup plus grand en juillet-août (fig. 101), qui vit dans les ruisseaux limpides sur le *Batrachospermum;* le *Cosmarium botrytis*, Desmidiée épineuse, coloré en rouge pourpre foncé, en bleu clair ou en vert (16) : se trouve souvent au fond des mares avec le *C. margaritiferum*; les spores du *B. roseo persicina* (fig. 103) colorées en rose, en violet, etc. et souvent agglomérées en zooglées : elles se rencontrent dans les eaux impures et ont été étudiées très en détail par un savant anglais, M. Ray Lankester (1); les spores vertes du *Penicillium glaucum* (pl. II, 11), de certaines *spyrogiracées, zygnémées*, etc. (fig. 104), les anthéridies rouges ou verts (pl. I, fig. 38 et 39) et les zygospores brun foncé des characées, les spores vertes ou brunes des diatomées, etc., etc.; le *Clathrocystis eruginosa* (fig. 105), assez fréquent dans les eaux ferrugineuses; les *Monas* et *Rhabdomonas* rosea (fig. 102, A et B), qui habitent les eaux corrompues et sulfureuses;

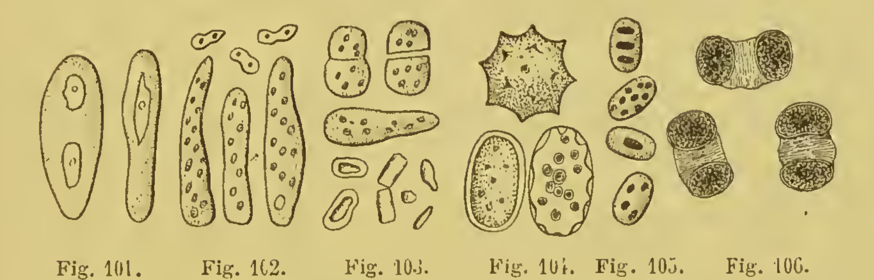


Fig. 101. Fig. 102. Fig. 103. Fig. 104. Fig. 105. Fig. 106.

diverses spores végétales et d'assez nombreuses espèces de pollens, parmi lesquelles nous mentionnerons particulièrement : ceux du *Pinus marit.* verdâtres à l'état isolé, jaunes en masse, que nous avons si souvent rencontrés en abondance dans les eaux d'Arcachon et des environs (lac de Cazau, mares de La Teste, etc.) pendant l'époque de la floraison (fig. 106) et celles d'un dahlia et du lis d'eau (fig. 107 et 108).

Parmi les *Sphœriacés isolés colorés* nous devons également comprendre divers œufs d'helminthes et notamment ceux du :

(1) *Journ. of Micros. Sc.*, vol. XIII, N. S. (pl. XII et XIII)

Botriocephalus latus : brunâtres, elliptiques, mesurant de 68 à 70 μ sur 40 à 45. La coque (fig. 111) est relativement épaisse et operculée au pôle antérieur : l'opercule est surtout bien visible après traitement par les acides dilués ou après un contact de quelques minutes avec notre médium n° I. Dans les fèces, l'œuf a la structure, assez simple, que présente la figure 111, mais lorsqu'il a séjourné dans l'eau, où il se développe plus ou moins rapidement suivant la température, son aspect est notablement modifié (fig. 109 et 110, d'après Schauinsland).

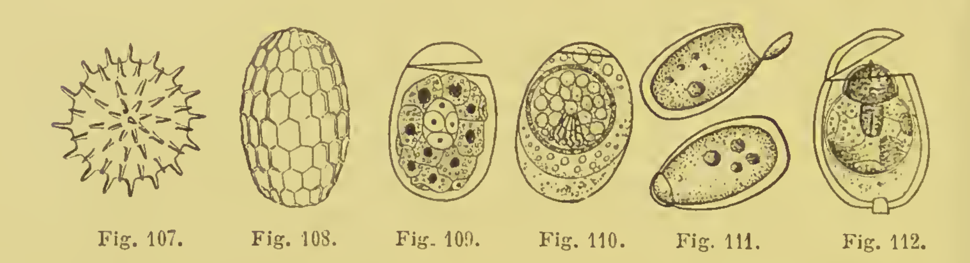


Fig. 107. Fig. 108. Fig. 109. Fig. 110. Fig. 111. Fig. 112.

Distome hépatique : d'un brun jaunâtre, ovoïde, coque chitineuse, lisse, transparente (fig. 113). Ses dimensions moyennes sont de 130 μ sur 80, mais elles peuvent varier de 105 à 145 sur 66 à 90. L'extrémité antérieure, sinueusement operculée, est un peu plus arrondie que la postérieure. Son développement se fait dans l'eau, et il est d'autant plus rapide que la température est plus élevée : en été, dans les eaux de surface, il est complet en

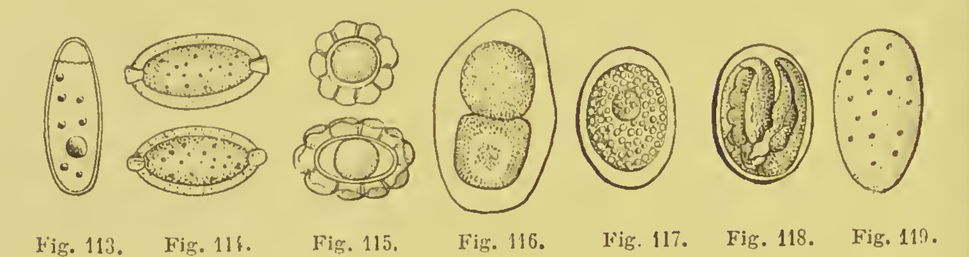


Fig. 113. Fig. 114. Fig. 115. Fig. 116. Fig. 117. Fig. 118. Fig. 119.

15 à 20 jours, mais dans les eaux profondes ou pendant les saisons moins chaudes, il lui faut de 2 à 3 mois et même plus pour atteindre sa maturité (Schauinsland).

On peut placer à côté du *D. hépatique*, les D. lanceol. sin. et pernic., dont les œufs sont noirâtres ou brunâtres, plus petits que les précédents mais de forme analogue. Le premier seul doit être représenté ici (fig. 112), les autres étant inconnus en Europe

(on ne les a trouvés, jusqu'ici du moins, qu'en Chine et au Japon).

Ascaride lombricoïde : gris ou blanchâtre dans l'ovaire, l'œuf d'ascaride est teinté de brun ou brun jaunâtre plus ou moins clair par les divers pigments stercoraux. Son aspect mamelonné ou muriforme et sa double enveloppe (fig. 115) sont très caractéristiques, même en présence de certaines spores végétales (Cf. fig. 96, *c*.). Les œufs d'ascarides mesurent environ 60 μ sur 40; ils doivent être considérés comme des plus dangereux, eu égard à leur résistance considérable à tous les agents extérieurs. Ainsi, Davaine a pu infester en moins de 24 heures des animaux auxquels il avait fait boire de l'eau contenant des œufs d'ascaride y introduits 5 ans auparavant, et il a constaté, en outre, que de nombreux embryons se développaient dans des matières fécales vieilles d'un an, complètement sèches et qui avaient été soumises à toutes les variations de température et à toutes les intempéries atmosphériques : il suffisait de les humecter légèrement pour provoquer le développement de la plupart des œufs qu'elles renfermaient.

Ankylostome duodenale : Œuf régulièrement ellipsoïde, arrondi aux deux bouts, brun jaunâtre; sa coque est lisse et transparente et son contenu finement granuleux; on le rencontre souvent dans l'eau à un état de division plus ou moins avancé (fig. 116 à 118), son développement étant très rapide : 12 à 48 heures, suivant la température. On le trouve, ainsi que l'embryon, dans toutes les eaux contaminées par les matières fécales des personnes atteintes d'*ankylostomasie*, mais surtout dans les eaux marécageuses, vaseuses et stagnantes des pays houillers, des régions argileuses, etc. L'ankylostome duodénal est devenu célèbre à l'occasion de l'épidémie qui décimait les ouvriers du Saint-Gothard, mais l'affection qu'il provoque était connue depuis longtemps sous la dénomination d' " anémie des mineurs. „

Tricocephalus hominis : Œuf légèrement brunâtre, ovoïde, lisse, mamelonné aux deux pôles, mesurant environ 50 à 56 μ de long sur 23 à 26 de large (fig. 114). Les œufs du *T. hominis* se rencontrent partout; ils sont très résistants et aussi dangereux que ceux de l'ascaride lombricoïde, avec lesquels ils présentent de nombreux rapports.

Anguillula stercoralis (ou *A. intestinale*) : Œuf d'un jaune verdâtre, ellipsoïde, long de 50 à 60 μ et large de 30 à 35 (fig. 119). Assez rare, mais les embryons ou larves sont fréquents dans les eaux contaminées par les matières fécales, les eaux d'égout, etc.

On a encore signalé la présence fréquente dans les eaux de certains pays : Egypte, Brésil, Chine, etc., etc., des œufs et des embryons de bilharzies, de filaires, etc., mais comme on ne les rencontre jamais dans nos contrées, nous nous bornerons à cette citation.

2° *Sphæriacés sociaux.* Nous les distinguerons également en incolores et colorés. Parmi les premiers, on peut citer spécialement quelques *Palmellacées* (*P. calcarea*, par ex, fig. 120), le *Leuconostoc mesenteroïdes* (fig. 121 et 122) que l'on rencontre, sous

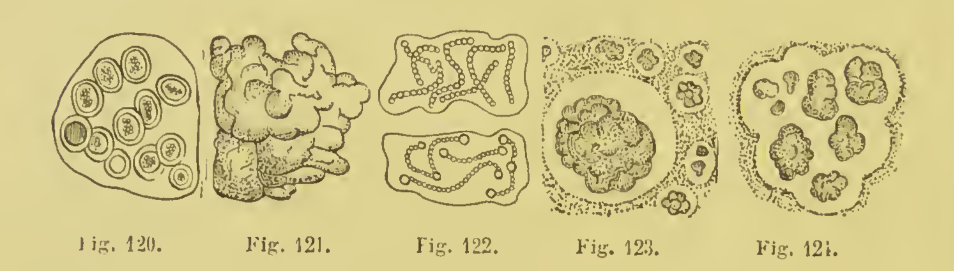


Fig. 120. Fig. 121. Fig. 122. Fig. 123. Fig. 124.

forme de masses gélatineuses cérébriformes ou de plaques d'aspect et de dimensions variables, dans les eaux stagnantes, impures et surtout dans celles qui ont été souillées par les résidus ou les eaux vannes des fabriques de sucre de betterave; c'est ainsi que notre regretté collaborateur et ami, feu le Dr Lermuseau, en a trouvé en quantités innombrables pendant la saison sucrière, dans le canal de Plasschendaele à Nieuport, périodiquement souillé par les eaux-vannes de la fabrique de sucre "l'Espérance", de Snaeskerke; l'*Ascococcus* Billr. (fig. 123 et 124) qui accompagne souvent le précédent et le *Nostoc commune* (fig. 125 et 126) qui a été trouvé dans certaines eaux des environs de Paris. Il est probable, du reste, que ces deux derniers ne sont que des formes ou des états divers du *L. mesent.* V. Tigh.

Citons encore le *Glœocapsa* (fig. 127), le *Pandorina morum* (fig. 128) souvent vert, et quelques sporanges de champignons (fig. 129), ou sorédies de lichens (fig. 130).

Les principaux *Sphœriacés sociaux colorés* sont les suivants :

Hæmatococcus vesiculosus (vert) et *mucosus* (rouge) que nous représentons planche I, figures 12 à 14, d'après Morren; les zooglées violettes ou brunes du *Beggiatoa roseo persicina* (fig. 131), et celles des *Monas rosea et Okenii*, dont les éléments isolés ont



Fig. 125. Fig. 126. Fig. 127. Fig. 128. Fig. 129. Fig. 130.

été mentionnés plus haut; *Palmella cruenta* (fig. 132) et *virescens*; *Chlamydococcus pluvialis* (pl. I, 2); *Scenedesmus quadr.* (pl. I, 27); *Merismopœdia viresc.*, dont les éléments, disposés en tétrades, rappellent la forme *sarcina* (pl. I, 9); *Pandorina morum* (fig. 128), généralement coloré en verdâtre comme le *C. pluvialis*, dont il diffère par son aspect granuleux et muriforme très prononcé; *Sphærozosma ovoïda* (fig. 133), coloré en bleuâtre ou verdâtre.

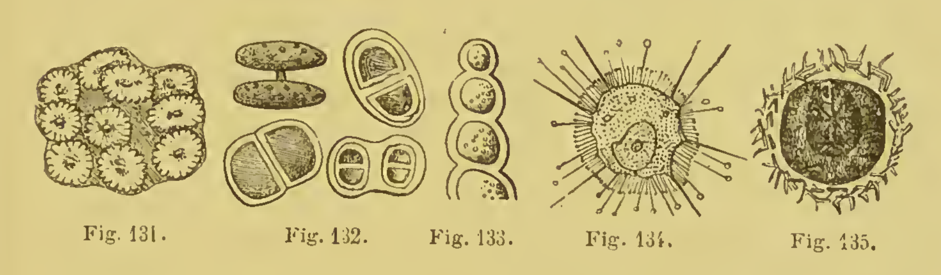


Fig. 131. Fig. 132. Fig. 133. Fig. 134. Fig. 135.

On les rencontre dans toutes les eaux douces, même les plus pures : ruisseaux, mares, étangs, citernes, etc., et parfois en si grand nombre que le liquide est entièrement et fortement coloré en vert ou en rouge; cependant le *B. roseo persicina* et les *Monas* ci-dessus mentionnées n'habitent que celles dont la pureté est très douteuse.

V. — Rayonnés.

Petit groupe d'organismes dont le corps, nu ou gaîné, porte un nombre souvent considérable de rayons rigides terminés en pointe aigue ou par un renflement sphérique, ovoïde ou spatuli-

forme, formant ventouse ou suçoir et tenant lieu de bouche et d'anus. La plupart sont libres et non pédiculés, les autres sont fixés sur un support quelconque, au moyen d'une sorte de pied, généralement très court et assez épais.

On les rencontre dans les étangs, les viviers, les mares, les puits, etc., et tout aussi bien à la surface qu'au fond ou dans la vase, où ils sont cependant plus abondants. Quelques-uns seulement sont colorés, tous les autres sont grisâtres ou blanchâtres.

Les rayonnés les plus communs sont : l'*Actinophrys sol* aussi fréquent dans les puits que dans les étangs et les fossés, mares, etc., caractérisé par la présence d'une grosse vacuole périphérique contractile (fig. 134), dont l'existence n'est pas cependant aussi constante que l'affirment certains auteurs; l'*A. viridis* Ehr (pl. I, 34) l'*A. paradoxal*, qui semble établir un passage entre les *Rayonnés* à dards et ceux à ventouses ou suçoirs, les *Podo-*

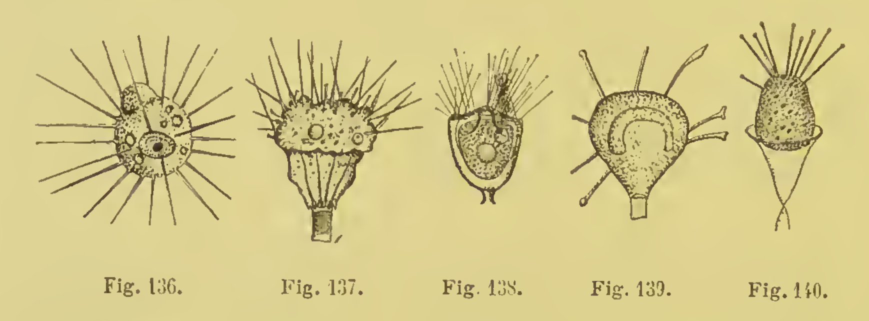


Fig. 136. Fig. 137. Fig. 138. Fig. 139. Fig. 140.

phrya gemmip. (fig. 137), les *Acineta myst.* (fig. 138), *ferrumeq.* (fig. 139) et *patula* (fig. 140), et l'*Acanthocystis acul.* (fig. 135); mentionnons en outre les *statoblastes* de quelques *Bryozoaires* d'eau douce (fig. 141).

V. — Flagellés

Quels que soient leur forme, leur degré d'organisation et leur nature, animale ou végétale, les organismes que nous réunissons sous cette dénomination sont toujours pourvus de 1, 2, 3 ou 4 *flagella* ou filaments grêles, flexibles, de longueur très variable et animés de mouvements très rapides. Bien que ce caractère ne soit pas absolu, certains *flagellés* ne le présentant qu'à une période déterminée et parfois très courte de leur existence (zoospores végétales par exemple), nous avons cru cependant pouvoir le choisir non seulement comme base d'un de nos groupes,

mais encore, en tenant compte de ses variations numériques, des subdivisions que nous estimons nécessaires d'y établir; nous décrirons donc des *mono, di* et *multiflagellés*, auxquels nous ajouterons en outre le petit groupe des *cilio-flagellés*, que la plupart des auteurs rattachent aux *Infusoires proprement dits* ou décrivent à part.

1° *Monoflagellés.* — On pourrait les définir des *monères à flagellum.* C'est du reste au groupe des *monadines* des anciens que la plupart d'entre eux appartiennent : monas, astasia, euglena et divers autres genres moins importants, auxquels nous ajoutons cependant les zoospores de diverses cryptogames.

La plupart sont incolores ou grisâtres, mais il en est cependant de colorés, les uns en rouge ou en vert, les autres en brun, bleu ou jaune. On a reconnu que le phénomène de la rubéfaction et celui de la virescence des eaux étaient souvent produits par des organismes de ce groupe tels que *Monas rosea, M. okenii grandis, bicolor, Trachelomonas volvocina, Cercaria mutabilis*, etc.

Parmi les *Monoflagellés colorés*, nous citerons particulièrement les formes adultes des deux premières espèces de monas dont nous venons de parler (pl. I, 5); la *M. bicolor* Ehr, ovoïde ou sphérique, mesurant 17 à 18 μ, incolore ou légèrement verdâtre, mais contenant toujours deux ou plusieurs gros corpuscules colorés en vert intense; la *M. grandis* (id. I, 7) ovale, arrondie aux deux pôles, mesurant de 55 à 60 μ et toute entière d'un beau vert : ces deux espèces habitent toutes les eaux douces où on les rencontre concurremment avec le *Trachelomonas volvocina*, à *flagellum* épais, très contractile et toujours invisible au repos : il vit soit à l'état isolé (pl. I, 6) soit en masses d'aspect phytoïdes (pl. II, 12), parfois pénétrées d'un grand nombre d'oscillatoriées et parsemées de divers organismes, tels que l'*Arthrodesmus virid.* Ehr; les *T. aurea* Mull. à test cassant, chitineux, d'un beau jaune d'or à reflets rosés, mesurant 30 à 35 μ (fig. 145) et *pheophy.* jaune-brun doré (fig. 146); le *Dinobryon sertularia*, blanc et jaune avec une fente buccale très noire (pl. I, 30); l'*Uvella virescens* (pl. I, 8) et, enfin, l'important groupe des *Euglènes*, monoflagellés si fréquents dans les eaux souillées par les déjections des cholériques, que Cunningham avait cru — bien à tort du reste — pouvoir leur attribuer une action pathogénique dans cette affection, et

dans celles qui ont été souillées par les résidus solides et liquides des abattoirs, boucheries, etc., que les Euglènes de la Bièvre à Paris indiquaient à A. Gérardin, l'établissement des boucheries prussiennes à Jouy-en-Josas et la quantité de sang qu'on laissait couler dans la rivière. On les rencontre du reste dans toutes les eaux fortement corrompues et même dans celles qui le sont moins, mais seulement alors en juillet et août. Les espèces suivantes doivent être particulièrement signalées, savoir : *E. viridis*, corps vert et point oculiforme rouge (fig. 150), *E. piriformis* (fig. 148), vert foncé au centre, clair aux extrémités, et l'*E. longicauda* de même teinte mais avec point oculiforme rouge (fig. 149).



Fig. 141. Fig. 142. Fig. 143. Fig. 144. Fig. 145.

Parmi les *Monoflagellés incolores*, nous devons une mention particulière aux *Cercomonas*, dont plusieurs variétés ou espèces, confondues sous la dénomination de *C. hominis* Dav. (fig. 142, *a*)

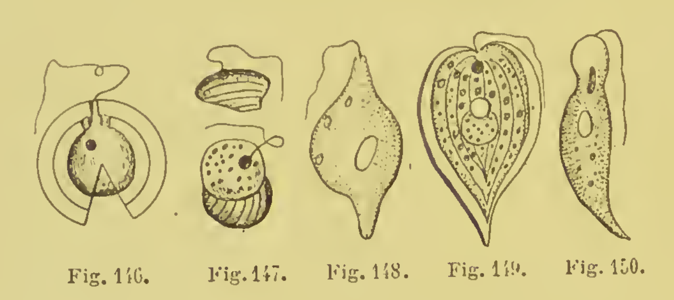


Fig. 146. Fig. 147. Fig. 148. Fig. 149. Fig. 150.

ont été et sont assez souvent rencontrées dans les eaux contaminées par des matières fécales provenant de cholériques, de typhiques, de dysentériques, etc.; toutefois, nous en avons trouvé dans des circonstances excluant absolument toute idée de pollution de cette nature; les *Astasia cylind.* (151 A), *échinata* (151 B) et *pyriformis* (158), le *Cyathomonas turb.* (fig. 152), les *Chilomonas lobata* et *obliqua* (154 et 156), le *Salpingœca amphorid* (fig. 153) et les *Codosiga echinata* (fig. 155) et *umbellata* (fig. 157),

très curieux organismes trouvés dans les eaux douces de l'Amérique du Nord; enfin diverses spores végétales (fig. 142 et fig. 143, *b*, *c* et *e*).

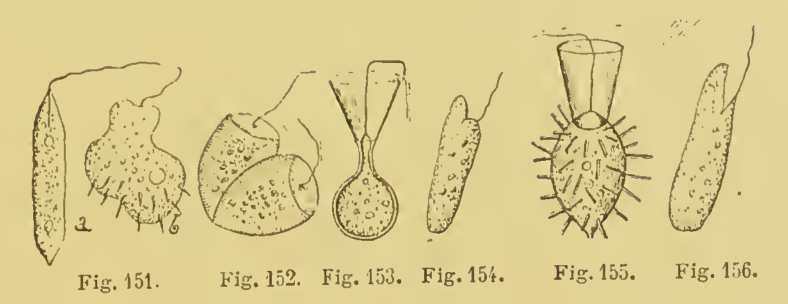


Fig. 151. Fig. 152. Fig. 153. Fig. 154. Fig. 155. Fig. 156.

2° **Diflagellés.** — Ce groupe comprend, outre diverses zoospores végétales (fig. 159), quelques espèces du genre *Monas* Ehr et *Euglena* Duj., les genres *diselmis*, *plœotia*, *disceræa*, *anisonema*, *anthophysa*, *bicosæca*, les uns incolores ou grisâtres comme *Trichomonas intestinalis* (fig. 160 A), *Anisonema elongata* (fig. 160, B) et *cyclina* (161, A), *Cercomonas fusiformis* (fig. 161, B), *Plœotia vitrea* Duj. (fig. 162 A), *Bicosæca socialis* (fig. 162, B) et *Anthophysa laxa* (fig. 163, B) qui se rencontrent dans toutes les eaux, surtout stagnantes, et dont la signification hygiénique est douteuse, *T. intestinale* excepté.



Fig 157. Fig. 158. Fig. 159. Fig. 160. Fig. 161. Fig. 162. Fig. 163.

Les autres sont colorés en rouge, vert, etc.; quelques uns aiment les eaux de pureté très douteuse, comme *E. sanguinea* (pl. II, 8), d'autres ne vivent que dans les eaux claires, limpides, bien aérées. Tels, par exemple, le *Chlamidomonas pulvisculus*, qui vit sur les algues vertes et s'éloigne peu du bord des étangs, mares, etc, limpides (pl. I, 15), la *Disceræa purpurea* Morr, d'un rouge pourpre carminé, parfois orangé ou plus foncé (pl. I, 37),

deux petits êtres qui sont la proie d'un grand nombre d'animalcules parmi lesquels se placent en toute première ligne les *Limnées*, le *Rotifer vul.* et la *Daphnie puce*, qui détruisent la pauvrette avec une voracité inouïe; le *Gonium pectorale* (pl. I, 33) et le *Stephanosphæra pluvialis* (fig. 163, A) colorés en vert clair ou jaunâtre, enfin le *Volvox globator* (pl. II, 17), plante pour les uns, animal pour les autres et dont les colonies sont si curieuses et si élégantes que l'on ne se lasse point de les observer, surtout lorsque l'on dispose d'un microscope binoculaire. Les cellules vertes qui forment ces colonies sont munies de deux *flagella* plus longs que le corps et partant de la région antérieure près du point oculiforme rouge; elles sont disposées à la surface d'une grosse sphère creuse à membrane verdâtre, tournoyant vivement au milieu de la préparation et contenant de 4 à 8 zoospores d'un vert plus ou moins foncé et de dimensions variables, mais toujours beaucoup plus considérables que celles du *Volvox* isolé. On rencontre le *Volvox globator* dans les eaux claires, pures ou peu chargées de matières organiques.

3° **Multiflagellés.** — Le lecteur trouvera peu de chose à glaner dans ce groupe, qui ne contient guère, outre quelques zoospores végétales (fig. 164 et 165) que l'on pourrait même classer parmi les *Ciliés*, notamment celles des *Œdogonium* (164), que le *Monocercomonas hominis* Grassi (fig. 166), le *Tétramitus variabilis* (fig. 168) et le *Trichomonas intestinalis* Zuncker (fig. 171),



Fig. 164. Fig. 165. Fig. 166. Fig. 167. Fig. 168. Fig. 169. Fig. 170. Fig. 171

que l'on trouve dans les eaux contaminées par les matières fécales ou contenant des substances organiques en putréfaction; l'*Uvella disjuncta* Duj. (fig. 167), le *Monas globosa* (fig. 170), le *Tetramitus Van Heurckia* (fig. 169), espèce non classée (?) que nous avons rencontrée dans l'eau d'un puits à Arlon et que nous dédions à notre éminent collaborateur et maître M. le professeur Dr H. Van Heurck.

4° **Cilioflagellés.** — Se distinguent des précédents et se rapprochent des suivants entre lesquels ils établissent une transition sinon toute naturelle au moins toute trouvée, par la présence d'une ceinture de cils, complète ou incomplète, équatoriale ou plus ou moins rapprochée des pôles, suivant les espèces; quelques-uns *(Peridiniens)* sont en outre pourvus d'une carapace solide formée de deux ou plusieurs pièces séparées par un sillon dans lequel naissent, suivant certains auteurs, une rangée de cils formant une ceinture que Klebs affirme, par contre, n'être autre chose qu'une série d'ondulations formée par les *flagella* qui émergent de chaque côté du sillon par une ouverture de la carapace. La figure 26, pl. II, montre nettement les ondulations de Klebs sur le *Peridinium tabulatum* et la figure 64, pl. I, la couronne ciliaire du *P. cinctum* rencontré par nous dans une eau de vivier aux environs de Chaudfontaine. Les *Trichomonas intest.* Leuck. (fig. 172*a*) et le *Megastoma intest.* Grassi (fig. 172, *b* et *c*) sont des *cilio-flagellés* dont la présence a été signalée dans les eaux souillées par des fèces humaines.

VI. — Ciliés.

Notre groupe des ciliés comprend tous les organismes dont le corps est entièrement recouvert de cils fins, courts, égaux ou peu différents en longueur; on y trouvera donc non seulement les *Infusoires ciliés* proprement dits *(Holotriches et Hétérotriches)* mais encore certaines zoospores végétales, telles que celles de *Vaucheria ungeri* (fig. 172) et diverses formes larvaires du vaste embranchement des *Vers* et celles *(blastula)* dérivées des œufs *alécithes* chez les *Spongiaires*, les *Cœlentérés*, etc., que nous réunirons sous la dénomination de *larves vermiculaires* et par la description desquelles nous commençons ce paragraphe, qui sera divisé, pour plus de clarté, en trois alinéas.

A. — Embryons ou larves vermiculaires ciliés.

1° **Botriocephalus latus.** — La larve (fig. 174) mesure de 45 à 50 μ de longueur, l'ectoderme a une épaisseur de 10 μ environ, et les crochets, au nombre de 6, ont une longueur de 13 μ.

Elle peut vivre dans l'eau pendant plusieurs jours et on doit s'attendre à l'y rencontrer surtout dans les lacs et les grands fleuves, particulièrement vers leur embouchure, c'est-à-dire partout où l'on consomme beaucoup de brochets, de lottes, etc., poissons qui sont infestés par les larves de ce ténia.

2° **Distome hépatique.** — L'embryon est long d'environ 130 μ et large de 27 à son extrémité antérieure, le *rostre* ou

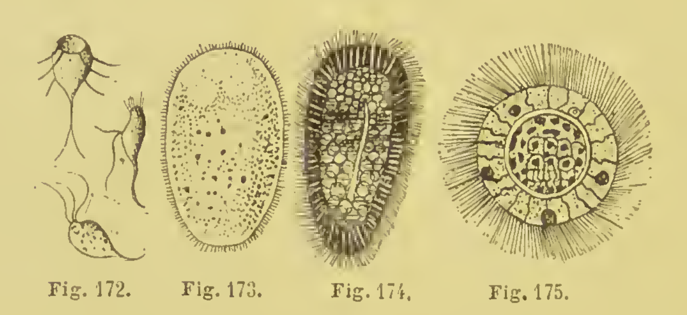


Fig. 172. Fig. 173. Fig. 174. Fig. 175.

papille céphalique, long de 6 μ, est rétractile et acéré.

La larve de *D. hépat.* nage rapidement, sans trève ni repos et ressemble d'autant plus à un gros infusoire, qu'elle ne montre son rostre qu'au moment où elle rencontre la *Limnée* dans laquelle.elle va établir son "home„.On trouvera dans l'ouvrage déjà cité du professeur Blanchard de très intéressants détails sur le mode de développement et l'évolution de cet embryon.

Toutes les eaux peuvent être infestées par le distome hépatique, mais comme la cercaire (dont nous parlerons plus loin) ne peut vivre, c'est-à-dire poursuivre son développement sans les *Limnées*, on le trouvera surtout là où ces petits gastéropodes pullulent : au bord des fossés, canaux, etc.

Nous représentons aussi, d'après Kowalewsky, une larve d'Hydroïde campanulaire (fig. 173).

B. — Holotriches.

Les cils sont égaux sur toute la surface du corps ou à peine un plus long autour de la bouche; celle-ci est située à la partie ventrale et antérieure, et communique avec l'endosarc par l'intermédiaire du péristome ou œsophage. L'endosarc contient, outre le noyau, les vacuoles contractiles situées aux deux extrémités

(Paramécies) ou un peu partout et irrégulièrement. Les *Holotriches*, de même du reste que tous les autres infusoires possèdent la curieuse propriété de fixer, à l'état vivant, surtout sur le noyau, certaines matières colorantes telles que le Dahlia, le brun Bismarck, le bleu de quinoléine, etc. (Van Tieghem). On les rencontre dans toutes les eaux douces, mais surtout dans les eaux stagnantes modérément riches en matières organiques, entre les herbes submergées, au milieu des *algues* sur lesquelles ils se fixent. Ce serait une erreur de croire qu'une eau très altérée doit être très riche en infusoires; il suffit, pour s'en convaincre, de préparer une infusion de plantes ou d'herbes quelconques, de foin *classique*, par exemple : si on laisse putréfier, les infusoires disparaissent peu à peu et sont remplacés par des organismes notablement inférieurs : monades, bactéries diverses, etc.

Presque tous les infusoires ciliés — et autres — sont incolores ou grisâtres; quelques-uns sont cependant diversement colorés mais le plus souvent d'une manière tout accidentelle; de plus, les pigments colorants sont rarement répandus uniformément sur toute la surface du corps; le plus souvent, ils sont localisés en granules plus ou moins volumineux et quelquefois si abondants que l'animalcule paraît être alors entièrement coloré.

Rappelons que les infusoires vivants sont très difficiles à caractériser, en raison de la vivacité de leurs mouvements et de leur contractilité qui en font des êtres véritablement protéiformes; il est donc indispensable de les fixer au préalable par l'un ou l'autre des moyens indiqués page 153.

Voici la description sommaire des principaux *Holotriches* rencontrés dans les eaux douces :

1° **Amphileptus** Ehr. — L'*A. cignus* (fig. 176), grand et bel animalcule mesurant près de 1/2 millimètre en longueur; son aspect dispense de toute description. L'*A. viridis* et l'*A. meleagris*, se rencontrent dans les mêmes conditions. Les *Dileptus* diffèrent sensiblement des précédents, dont on les rapproche cependant assez souvent ; la figure 178 représente le *D. folium*, d'après Dujardin.

2° **Nassula**. — Corps ovoïde, bouquets de cils buccaux allongés, œsophage nassiforme. Le *N. viridis* (fig. 177) est incolore

mais rempli de globules d'un beau vert tandis que le *N. elegans* est verdâtre avec globules violacés.

3° **Enchelys.** — Corps pyriforme, sans œsophage, bouche tronquée obliquement et munie de trois bouquets de longs cils

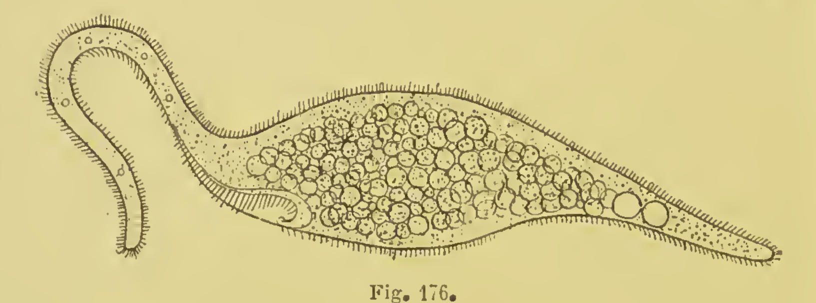


Fig. 176.

étalés ou réunis, suivant les mouvements de l'animalcule. La figure 179 représente l'*E. farcimen* Ehr.

4° **Colpoda.** — La bouche est très caractéristique (fig. 180). D'après M. Moniez, le *C. cucullus* est fréquent dans les eaux de puits à Lille. Nous représentons ci-contre les *C. crinata* et *reniformis*.

5° **Holophrya.** — Corps ovoïde, longs cils, pas d'œsophage, une grosse vésicule au pôle postérieur. La figure 181 représente

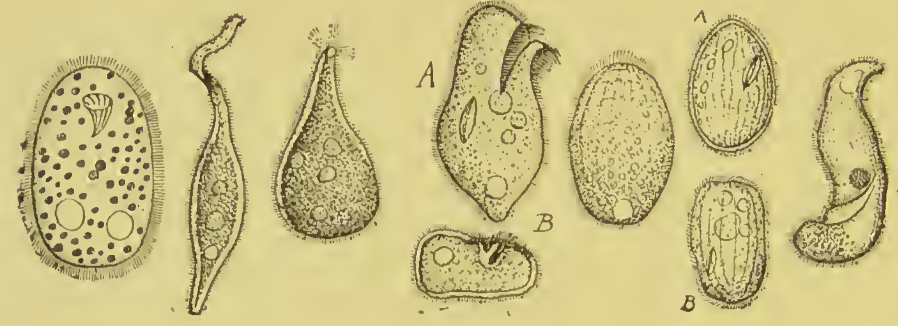


Fig 177. Fig. 178. Fig. 179. Fig. 180. Fig. 181. Fig. 182. Fig. 183.

l'*H. vesiculosa* sous un grossissement de 300 D. L'*H. viridis* (pl. I, fig. 35) est remplie de granules d'un beau vert.

6° **Glaucoma.** — La forme de la bouche, entourée de deux membranes ondulatoires, le test chitineux et cannelé, rendent toute description inutile. Le *G. scintillans* est représenté figure 182 sous un grossissement de 600 D. et vu de face (A) et de côté (B).

7° **Metopus.** — Claparède et Lachmann classent le genre *Metopus* parmi les *Hétérotriches;* nous ne voyons cependant pas trop en quoi il diffère d'un *Holotriche* (fig. 183).

8° **Lacrymaria.** — Ressemble assez à l'*amphileptus*, mais sa bouche est terminée en bouton simulant une lampe poire à incandescence; vésicule postérieure terminale. La figure 184 représente en A le *L. cignus* et en B le *L. olor*.

9° **Panophrys.** — L'espèce type. *P. chrysalis*, est représentée figure 186, d'après un dessin de Dujardin.

10° **Paramecium.** — Genre très important, élevé même au rang de famille par certains auteurs. Les *Paramécies* abondent dans toutes les infusions et les eaux fortement altérées par les matières animales ou végétales en voie de décomposition. Nous en avons vu en grand nombre dans des eaux pures additionnées de 1 p. m. de fèces humaines, dans les eaux de certains puits, canaux, etc. Elles sont douées d'une très grande agilité, traversent le champ du microscope avec la rapidité de l'éclair ou se

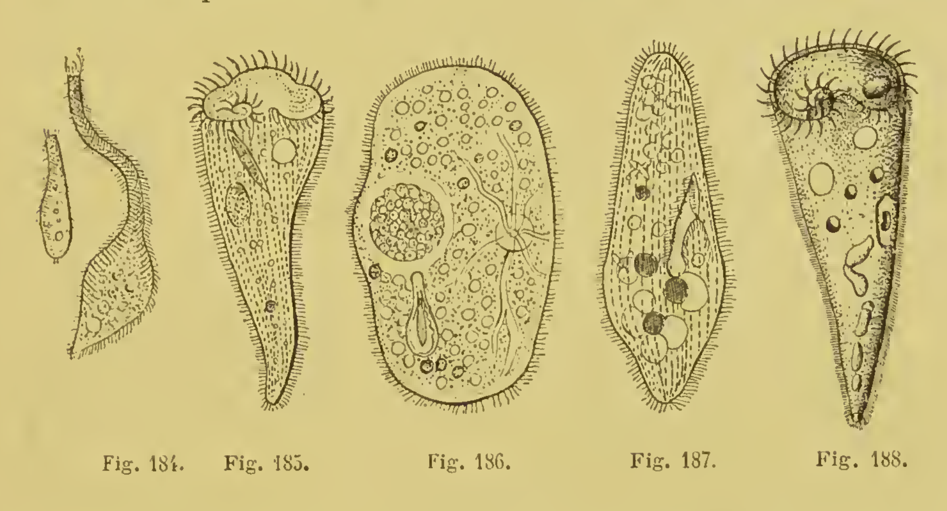


Fig. 184. Fig. 185. Fig. 186. Fig. 187. Fig. 188.

meuvent avec plus ou moins de lenteur suivant les circonstances; elles sont en outre très élastiques et se déforment avec la plus grande facilité, mais on peut cependant leur décrire trois aspects principaux : ovoïde, rond et cylindrique. L'iode les tue très rapidement, de même du reste que la plupart des infusoires, rotateurs, etc., mais il est difficile de les fixer autrement que sous la forme d'une masse globuleuse et assez fortement rétractée. L'espèce type *P. aurelia* est représentée figure 187, tandis que les figures 189 et 190 représentent les *P. coli* et *cordata* vues sous de forts grossissements (400 D. environ).

11° **Prorodon.** — Corps ovale, allongé, deux à quatre fois plus long que large, la bouche et l'œsophage dentelés, régulière-

ment coniques et se prolongeant fortement dans l'endosarc; deux grosses vésicules contractiles (fig. 191).

12° **Leucophrys.** — Cils buccaux très allongés, péristome entouré d'une lame membraneuse (fig. 192). Quelques espèces sont colorées en rouge (*L. sanguinea*) ou en vert (*L. patula*), mais la plupart sont incolores. On les trouve surtout en novembre et décembre, même par les fortes gelées.

Signalons encore le *Coleps hirtus* (fig. 195), les *Pleuronema*

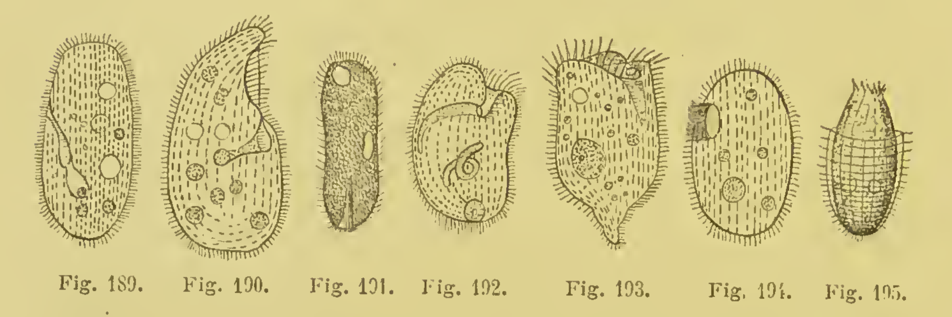


Fig. 189. Fig. 190. Fig. 191. Fig. 192. Fig. 193. Fig. 194. Fig. 195.

crassa (fig. 194), les *Colpidium* (fig. 196) et les *Trichoda* (fig. 197), puis passons aux

C. — Hétérotriches.

Ces infusoires ne diffèrent des précédents que par la présence, autour de la bouche, d'une rangée de cils longs et *rigides*, disposés soit en ligne droite ou oblique, soit en spirale dirigée à droite et en arrière. Cette rangée de cils spéciaux a reçu le nom de couronne *adorale*. Nous signalerons particulièrement :

1° Le *Balantidium coli* Clap. et Lachm. (fig. 204) que l'on rencontre en même temps que le *Paramecium*, mais moins souvent cependant.

2° Les diverses espèces du genre *Stentor* Mull., remarquables par leurs dimensions, leur forme tronconique ou en entonnoir évasé, leur grande contractilité et la disposition spiralée de la zone adorale; le péristome est creusé en forme d'entonnoir et l'anus se trouve près et à gauche de la bouche, tandis que la vésicule contractile est placée sous le cercle vibratile. L'extrémité postérieure se termine parfois sous forme de ventouse munie d'une couronne de cils. La plupart des *Stentors* sont libres, mais il en est cependant quelques-uns de fixés soit au fond d'une coque,

soit sur un support quelconque. Le plus curieux est le *S. polymorphus* qui, comme l'indique du reste son nom, se présente sous de multiples aspects; sa forme la plus fréquente, celle qu'il prend le plus souvent lorsqu'on le fixe par la chaleur et mieux encore par soustraction très lente du liquide de la préparation, est indiquée par la figure 188, page 179. Le corps, strié longitudinalement, est d'un brun vert foncé; le noyau, allongé, est souvent divisé en une série de nodosités ovoïdes jaunâtres et forme une sorte de chapelet disposé en hélice. On a signalé des stentors colorés en rouge feu, en brun, en bleu (*S. ceruleus* Ehr.), jaune ou noir — toute la gamme des couleurs, quoi! — mais nous devons avouer n'avoir jamais eu, jusqu'ici, la chance de pouvoir enrichir notre collection d'individus semblables. Peut-être serons-nous plus heureux par la suite du reste, mais en attendant force nous est bien de nous borner à ce que nous connaissons : mentionnons donc simplement, en plus du précédent, le *S. élégans* qui est représenté figure 185, p. 179, dans la position allongée et figure 193 dans un état de contraction très prononcé.

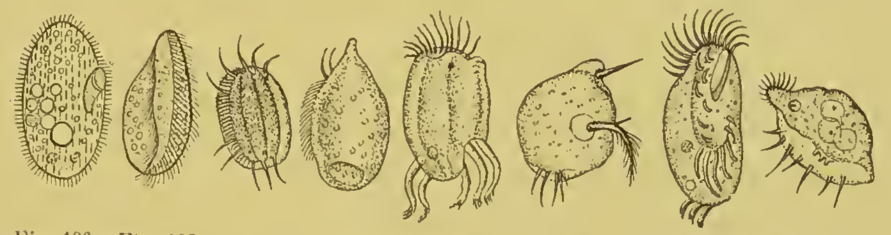


Fig. 196. Fig. 197. Fig. 198. Fig. 199. Fig. 200. Fig. 201. Fig. 202. Fig. 203.

On trouve les *Stentors* dans les eaux stagnantes claires, bien aérées; ils habitent de préférence à la surface ou peu profondément et affectionnent particulièrement les algues vertes sur lesquelles ils voisinent avec beaucoup d'autres animalcules et spécialement avec les *Vorticelles*, dont nous parlons plus loin; les eaux corrompues n'en contiennent pas ou très rarement.

VII. — Cilio-cirreux.

Tous les organismes compris dans ce groupe sont incomplètement ciliés, mais un très grand nombre sont pourvus d'appendices variés : soies saltatrices, crochets, cornes, griffes, etc.,

appendices auxquels on donne généralement le nom de *cirres* ou *cirrhes.* L'aspect général du corps, la disposition et la forme des *cirres*, la présence ou l'absence d'un pédoncule, etc., constituent autant de caractères morphologiques généraux sur lesquels nous nous appuierons pour établir quelques coupes, savoir :

A. — Hémi-ciliés.

Corps membraneux ou — mais rarement — partiellement recouvert d'un test chitineux ou cuirasse; la face dorsale est généralement nue, tandis que la face ventrale est plus ou moins complètement recouverte de cils et le plus souvent de cirres en nombre variable et de formes diverses.

Citons, parmi les plus fréquents, *Aspidisca ovata* (fig. 198), le



Fig. 204. Fig. 205. Fig. 206.

Campylopus paradoxus (fig. 200), le *Chilodon aureus* (pl. I, 32), d'un beau jaune d'or, le *Chlamydodon mnemos* (fig. 199), coloré en vert avec vésicules roses ou d'un rouge rosé (pl. I, 19, vu par la face

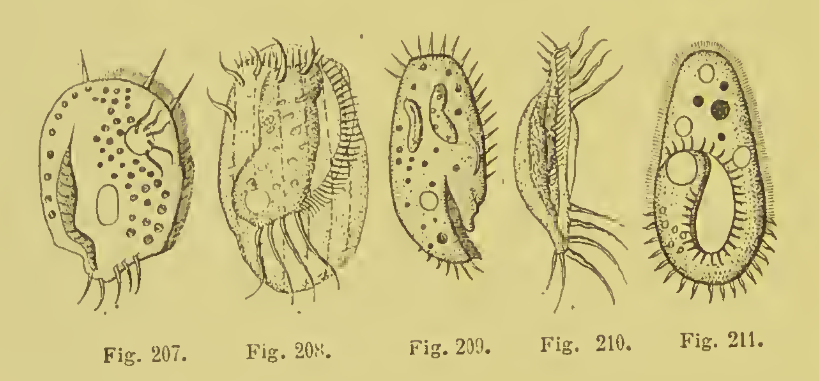


Fig. 207. Fig. 208. Fig. 209. Fig. 210. Fig. 211.

ventrale), l'*Euplotes grandis* (fig. 210) et l'*E. charron*, à gros granules verts (fig. 211), le *Freia elegans* (fig. 212), les *Kerona mamillata*, *patella* et *triangularis* (fig. 203, 206, 208), les *Oxytricha labiata* (fig. 209), colorée en brun clair, *ovalis* en vert clair (fig. 207)

et *caudata* (fig. 171), qui se distinguent par leur énorme bouche ; le *Schizopus gallus* (fig. 202) et les *Stylonychia monostylis* (fig. 201) et *ovalis* (fig. 205) qui tous se rencontrent dans les eaux stagnantes : étangs, mares, puits, etc., dans les mêmes conditions que tous les autres infusoires.

B. — Vorticellidœ.

Corps nu, cylindrique ou en forme d'urne, de dé, de campanule, etc., droit ou incliné, lisse ou sinueux et comme bosselé ; la bouche est entourée d'une couronne de longs cils cétacés et souvent fermée par une sorte d'opercule, épistome ou clapet ; le pied (pedicelle ou pedoncule) est long ou court, rigide ou contractile et pouvant alors s'enrouler sur lui-même comme un ressort à boudin ou un tire-bouchon, etc., sous l'action d'un long muscle qui en occupe toute l'étendue ; il est toujours très nettement distinct du corps et peut même s'en détacher, de telle sorte qu'il n'est pas extrêmement rare de rencontrer des urnes à l'état isolé. Le noyau est cintré, en forme de fer à cheval ou bien simplement sinueux ou encore droit. La vésicule contractile est souvent invisible.

Les *Vorticellidœ* se rencontrent dans toutes les eaux douces, surtout au printemps, elles abondent notamment dans les ruisseaux, les étangs, les rivières limpides, bien aérées et dont le cours est peu rapide, mais il n'est pas rare non plus d'en trouver dans les eaux douteuses et même assez fortement polluées. Elles vivent principalement sur les algues et autres plantes vertes immergées, d'où elles se répandent cependant dans le liquide environnant. En récoltant quelques plantes dans un peu d'eau et conservant le tout en vase ouvert, les *Vorticellidœ* se fixent bientôt contre la paroi.

On peut les réunir en deux groupes principaux, savoir : les *V. libres* et les *V. fixées*, chacun comprenant des espèces *isolées* ou *composées*.

a) Vorticellidœ libres.

1° **Espèces isolées.** — Les figures 213 à 217 représentent une série d'espèces typiques et fréquentes, toutes incolores mais

nous en figurons deux planche I, colorées en vert : *V. margarita* (fig. 56) et *V. flavicans* (fig. 42), cette dernière étant aussi souvent brunâtre; elles sont très communes dans les eaux, même en hiver.



Fig. 212. Fig. 213. Fig. 214. Fig. 215. Fig. 216. Fig. 217. Fig. 218.

2° **Espèces composées ou sociales.** — Les figures 219 et 222 représentent deux types de Vorticelles sociales appartenant aux genres *Carchesium* (*C. polypinum*) et *Epistylis* (*E. anastica*); le pied de cette dernière se termine par une grosse ventouse, au

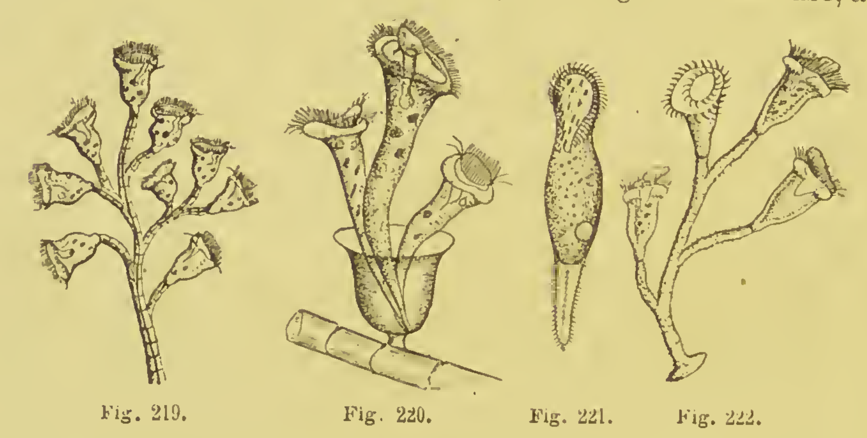


Fig. 219. Fig. 220. Fig. 221. Fig. 222.

moyen de laquelle la colonne peut se fixer, mais en général elle nage en toute liberté.

b) Vorticellidœ fixées.

1° **Espèces isolées.** — A part le support, elles ne diffèrent pas ou peu des précédentes, cependant chez quelques-unes le pédoncule, assez gros, se réduit pour ainsi dire à une sorte de moignon (fig. 223, 224 et 226) ou disparaît entièrement comme dans *Vaginicola decumbens* (fig. 230).

2° **Espèces sociales.** — Une des plus jolies que nous ayions encore vües, est celle que nous avons rencontrée en octobre 1891,

dans le lac d'Enghien-les-Bains et que nous croyons être une *Cothurnia crist.* (fig. 220); signalons encore la *V. rugosa* (fig. 227)

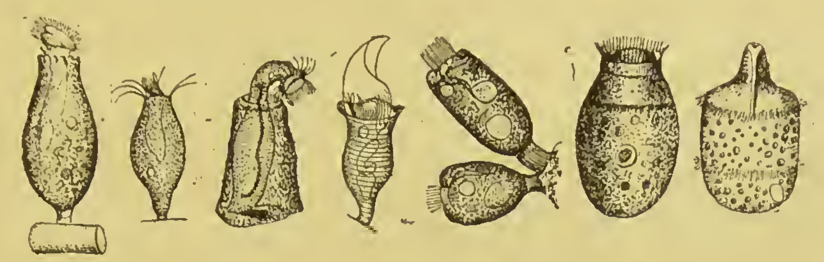


Fig. 223. Fig. 224. Fig. 225. Fig. 226. Fig. 227. Fig. 228. Fig. 229.

qui diffère des précédentes par la présence de plusieurs grosses vésicules contractiles et d'un œsophage conique très profondément enfoncé.

c) Cirro-sphériacés.

Corps sphérique ou ovoïde, régulier ou irrégulier, portant généralement une couronne de soies saltatrices ou de cils à l'équateur ou dans une région plus ou moins rapprochée des pôles.

Les genres *Halteria* (fig. 232, 233 et 235) et *Strombidium* (fig. 231, 234 et 236) sont les plus communs parmi ces organismes,



Fig. 230. Fig. 231. Fig 232. Fig. 233. Fig. 234. Fig. 235. Fig. 236.

auquels nous ajouterons en outre le *Didinium nassatum* Allem. (fig. 229) dont l'aspect rappelle celui de diverses larves vermiculaires à dard perforant replié. On les rencontre assez fréquemment dans les eaux mi-impures.

VIII. — Thallomorphiacées.

Nous comprenons sous cette dénomination, dont le barbarisme doit nous être pardonné — que celui qui n'a rien à se reprocher sous ce rapport nous jette le premier... " thalle „ — tous les organismes *mono* ou *pluricellulaires* d'origine animale ou végé-

tale, dont le corps est tubulaire ou filamenteux, régulièrement ou irrégulièrement cylindrique, fusiforme ou rectangulaire, simple ou ramifié, mobile ou immobile, grisâtre, hyalin ou coloré. Nous ne ferons d'exception que pour les *Bacillus* ou *Spirillum* dont nous renvoyons l'étude à la IIIe partie (*analyse bactériologique*).

Nous les décrirons en allant, autant que possible, du simple au composé et sans nous préoccuper, plus que de raison, des classifications de l'Ecole. C'est ainsi notamment que nous réunirons aux champignons les algues incolores, les unes et les autres étant obligés de puiser leur carbone dans les matières organiques en voie de décomposition, de telle sorte que leur présence dans une eau donnée, est un indice certain de son impureté au moins relative.

A. — Thallomorphiacées incolores

Les espèces *essentielles*, c'est-à-dire vivant exclusivement dans l'eau sont peu nombreuses, mais il en est beaucoup d'accidentelles, y entraînées par les excréments, les matières organiques en décomposition, etc., sur ou dans lesquels elles se développent en si grande abondance. Nous les diviserons en deux classes : champignons et algues.

1° **Champignons.** — Citons, comme espèces essentielles, le

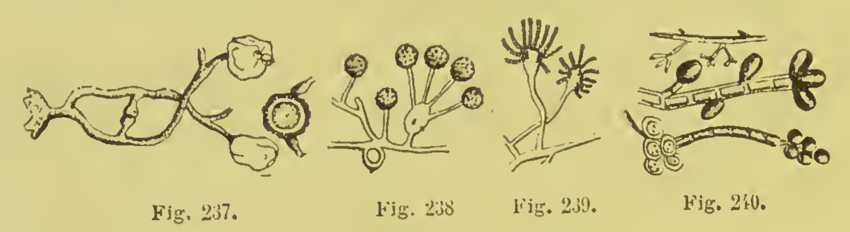


Fig. 237. Fig. 238 Fig. 239. Fig. 240.

Physarum album, les *Zygochytrium* (fig. 237), quelques *Leptomitus* (fig. 253) et *Selonosporium* (fig. 243) et la famille des *Saprolé-*



Fig. 241. Fig. 242. Fig. 243. Fig. 244. Fig. 245. Fig. 246.

gniées (fig. 249 et 255), qui se trouvent dans toutes les eaux corrompues; comme champignons accidentels, des *Mucor* (fig. 250

et 251), *Rhizopus* (fig. 246), *Coprinus stercorarius* (fig. 244), divers *Aspergillus, Penicillium* et *Sterigmatocystis* (fig. 239, 242, 245, 252, 257 et 260), le *Sclonosporium* (fig. 243) et *Torula sacchari* (fig. 241). L'*Hygrocrocis arsen.* Marchand (fig. 240), coloré en brun clair, a été signalé à plusieurs reprises dans les eaux de fleuves et de rivières.

2° **Algues.** — Parmi les algues blanches, nous devons une mention toute particulière aux suivantes dont la présence dans les eaux produit parfois, directement ou indirectement, des résultats désastreux.

1° *Cladothrix dichotoma* (*Leptothrix ocracea*) abonde dans les eaux stagnantes et autres impures; il se présente sous forme de filaments tubulés de 0.4 μ de largeur et dont la longueur peut

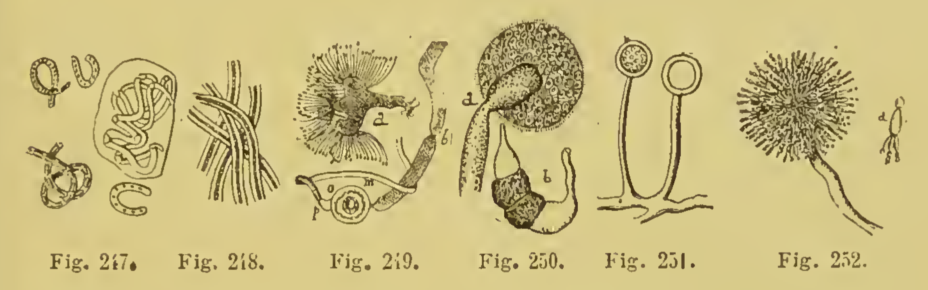


Fig. 247. Fig. 248. Fig. 249. Fig. 250. Fig. 251. Fig. 252.

atteindre 2 à 3,000 fois la largeur. Ces filaments se dissocient et se feutrent fréquemment et forment ou des espèces de zooglées ou des masses flottantes ou fixées parfois considérables. D'après certains auteurs, les articles réunis en zooglées constitueraient le *Myconostoc gregarium* Cohn (fig. 247). Les dichotomisations

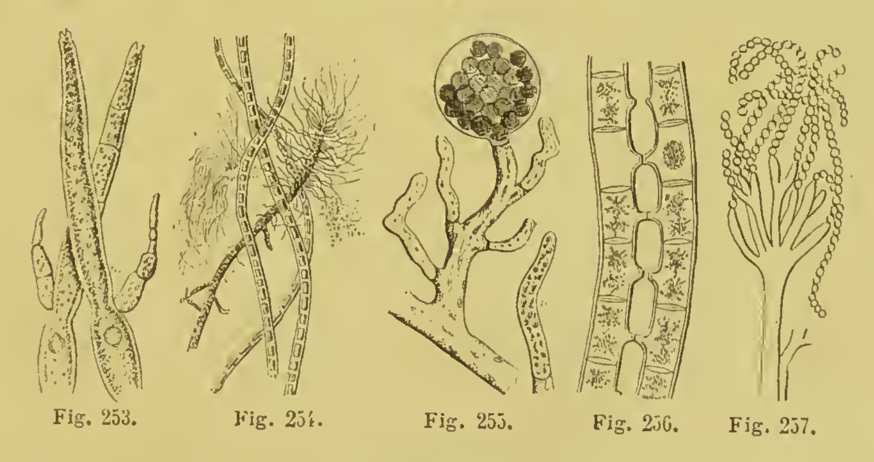


Fig. 253. Fig. 254. Fig. 255. Fig. 256. Fig. 257.

fausses (fig. 265 D) ou vraies (fig. 265 A, C) sont plus nombreuses que les éléments isolés (fig. 265 B).

Le *C. dichotoma* est normalement incolore, mais il peut fixer aisément certaines substances colorantes minérales et autres et notamment les oxydes de fer; il est accusé également de provoquer la décomposition des sels calcaires et, comme conséquence, la formation d'incrustations aussi nuisibles que celles dues aux sels de fer.

2° *Crenothrix Kühniana* : possède comme le précédent et même à un plus haut degré encore, une véritable affinité pour les sels de fer et spécialement pour l'oxyde; aussi abonde-t-il dans les eaux ferrugineuses impures, surtout lorsque leur écoulement est lent : c'est ainsi qu'il s'accumule parfois en quantités si considérables dans les tuyaux des canalisations d'eau, qu'il finit par les obstruer. M. Giard a signalé le fait, il y a plusieurs années déjà, pour les eaux de Lille; à Berlin, il s'est montré en masses si considérables, que l'on a dû installer partout et à grands frais des filtres spéciaux (Tiemann et Gartner) et, tout récemment encore (1892), deux savants italiens, MM. Bontivegna et Sclavo, ont reconnu que la souillure des eaux de canalisation de Corneto (Italie) devait lui être attribuée.

Le *Crenothrix* y forme des masses feutrées colorées en brun ou en vert brunâtre foncé par l'oxyde de fer et qui, par les phénomènes de putréfaction qui accompagnent leur décomposition lente, communiquent au liquide une odeur et un goût si désagréables qu'il devient absolument impropre à la consommation. C'est un exemple, et il n'est pas le seul à beaucoup près — nous allons le retrouver encore avec les *Beggiatoacées* — de l'influence due à la présence de grandes quantités de substances ou d'éléments qui par eux-mêmes sont inoffensifs, mais dont la putréfaction facile présente un très grave danger.

Les filaments normaux de *Crenothrix* (fig. 254), se distinguent généralement des précédents et des suivants par leur forme conique très nette et leur absence de ramification, mais ils peuvent être assez sensiblement modifiés par le milieu, surtout lorsqu'ils sont nombreux et libres, c'est-à-dire en masses et non fixés sur un support. On les trouve non seulement dans les eaux ferrugineuses impures, mais encore dans toutes celles qui contiennent beaucoup de matières organiques en voie de décomposition; c'est ainsi qu'il n'est pas rare de les rencontrer dans les sédi-

ments d'eau de puits. Cependant, MM. Tiemann et Gartner affirment qu'il abonde dans les sources du Tegeler, qui ne contiennent pour ainsi dire pas trace de matières organiques.

3° *Beggiatoacées.* — Les diverses algues de ce groupe : *B. roseo persicina, B. mirabilis*, etc., mais surtout *B. alba*, sont considérées par la plupart des auteurs comme étant les plus nuisibles de toutes les algues blanches, non seulement par leur nombre souvent énorme, mais encore par *elles-mêmes,* et ce en raison de la propriété qu'elles posséderaient à un très haut point, dit-on, de réduire les sulfates contenus dans les eaux qu'elles habitent ou dans l'organisme où elles sont introduites par la boisson, en mettant du soufre et de l'hydrogène sulfuré en liberté. Le premier se déposerait dans les cellules sous forme de granules solides, et le second se combinerait au fer, qu'il précipiterait à l'état de sulfure. D'où la dénomination de *Sulfuraires* appliquée aux plantes de cette famille.

Si cette manière de voir pouvait être admise sans conteste, il est évident ainsi que nous le montrerons ailleurs (voir IIIe partie), que la présence de l'un ou l'autre *Beggiatoa* devrait être considérée comme un signe caractéristique d'infection de l'eau; mais la réalité de cette action physio-chimique est loin d'être prouvée et les récentes expériences de Winogradsky, très précises et très rigoureusement conduites, montrent que les *Beggiatoacées*, *Sulfuraires* ou *Sulfobactéries,* décomposent au contraire l'HS avec formation de soufre se précipitant non sous forme granuleuse mais en gouttelettes de consistance huileuse; ce n'est qu'après la mort des cellules que ce métalloïde passerait à l'état solide et se transformerait, par oxydation, en acide sulfurique. Il en résulte que les *Sulfuraires*, au lieu d'être nuisibles, devraient être considérées comme des agents de purification pour les eaux *contaminées par des matières organiques en voie de décomposition et produisant de l'hydrogène sulfuré.* Les eaux sulfhydriques d'Enghien-les-Bains (France) paraissant précisément avoir cette origine, il nous a paru intéressant de mettre à profit un séjour forcé dans cette localité pour tâcher d'élucider la question, mais des circonstances indépendantes de notre volonté et les obstacles qui nous ont été créés, ne nous ont point permis de mener nos

(1) *Ann. de l'Inst. Pasteur*, années 1887, p. 548, et 1889, p. 49.

expériences à bonne fin, tout au moins dans la direction que nous avions cru devoir leur donner. Cette restriction faite et elle était très importante, nous ajouterons que les résultats, si incomplets soient-ils, que nous avons obtenus, confirment ceux du savant biologiste Zurichois et du célèbre physiologiste allemand, Hoppe Seyler (1).

Mais s'il n'est plus possible, tout au moins jusque preuve du contraire, de dire que les *Beggiatoacées* sont nuisibles par elles-mêmes, il n'en reste pas moins évident qu'elles ne se rencontrent que dans les eaux fortement contaminées et que leur putréfaction facile pendant les chaleurs estivales prolongées, constitue un danger assez considérable pour que l'on ait pu notamment leur faire jouer un rôle prépondérant dans l'étiologie de l'impaludisme.

L'espèce type, le *B. alba*, se présente généralement sous forme de filaments grisâtres à extrémités arrondies (fig. 266), formés de plusieurs articles mesurant de 3 à 5 μ de longueur sur 0.5 à 7 ou 8 μ de large, suivant les espèces; ces filaments sont réunis et libres ou fixés sur un support quelconque, mais ils se détachent ou se séparent aisément. de telle sorte qu'il n'est pas rare d'en rencontrer à l'état isolé.

On en a décrit plus de 30 espèces, que Winogradsky réunit en 15 genres, mais outre que cet auteur ne considère les *Beggiatoacées* que comme une famille des *Sulfuraires* ou *Sulfo-bactéries*, comme il les appelle, nous estimons que les caractères sur

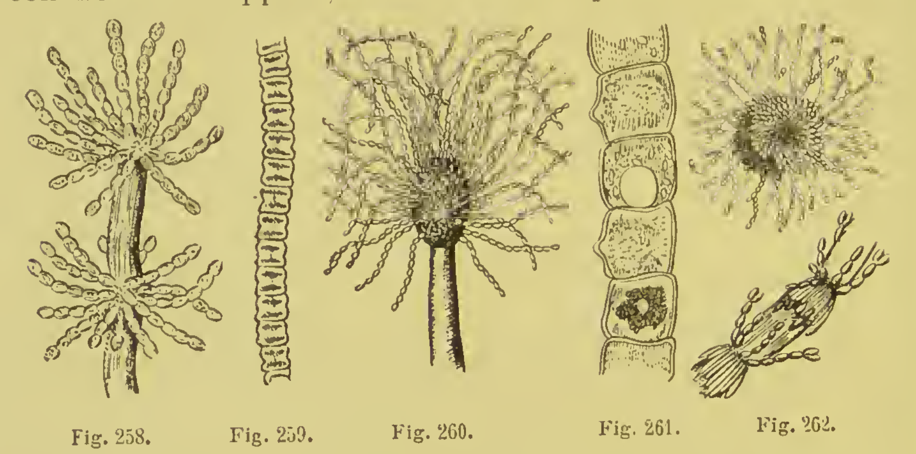


Fig. 258. Fig. 259. Fig. 260. Fig. 261. Fig. 262.

lesquels il se base pour différencier les genres et les espèces ne sont ni constants ni suffisants, ce qui, soit dit en passant, n'a du reste aucune importance ici.

(1) *Zeits. f. phys. Chemie*, année 1886, T. X.

A part les granules de soufre dont elles peuvent être imprégnées, presque toutes les *Beggiatoacées* sont incolores; cependant les filaments du *B. roseo-persicina* (algue dont nous avons plusieurs fois parlé déjà) sont colorés en violet, rose ou brun, suivant l'âge.

Signalons encore le *Myconostoc gregarium* (fig. 247), déjà nommé page 187 ; les *Hyphœa* (fig. 248); le *Streptothrix Fœrst.*, décrit par M. le Dr Gombert (*in*-Roux. p. 370), comme étant formé de filaments à extrémités arrondies, rectilignes ou plus souvent ondulés ou spiralés, à fausses dichotomisations; or Cohn, qui a créé l'espèce, la décrit et la figure tout autrement (fig. 267), et telle que nous l'avons rencontrée à deux reprises au cours de nos recherches : il s'agit sans doute d'une autre espèce; ajoutons enfin les *Hyalotheca* (fig. 259).

B. — Thallomorphiacées colorées.

Sont excessivement nombreuses, même en faisant abstraction des espèces macroscopiques dont nous ne parlerons qu'incidemment. Nous les réunirons en deux groupes, dont le premier comprendra tous les organismes à *thalle simple*, cloisonné ou non, et le second, ceux dont le *thalle* est *ramifié*.

a) T. colorées à thalle simple. — Les *Nostocacées* sont les plus simples : pas de noyau, pas de chromoleucites, distribution uniforme du pigment chlorophyllien, filaments très fins, formés d'une série de cellules rectangulaires plus ou moins allongées et simplement disposées les unes à la suite des autres. Signalons, parmi les plus importantes, les *Oscillariées* (pl. II, 7), que certains auteurs classent parmi les *sulfuraires* et dont la teinte, d'un vert pâle, peut virer au bleu, au jaunâtre et même disparaître, suivant le degré de corruption des eaux où on les rencontre : lacs, étangs, puits, fossés, mares, etc.

L'*O. rubescens* a été signalée par de Candolle dans le lac de Morat, qu'elle colore en rougeâtre au printemps. Leurs mouvements d'oscillation — d'où leur nom — sont très prononcés, mais aussi variables que leur teinte et dans les mêmes circonstances. Les *Lyngbya*, plus larges que les précédentes et le *Nostoc verrucosum* (fig. 273), assez souvent incolore, sont assez fréquents également. Signalons encore les *Calothrix* (fig. 264 et pl. I, 58),

et les *Rivularia* (fig. 263, A et B), dont les filaments terminés en pointe plus ou moins allongée s'accolent fréquemment, simulant ainsi des dichotomisations.

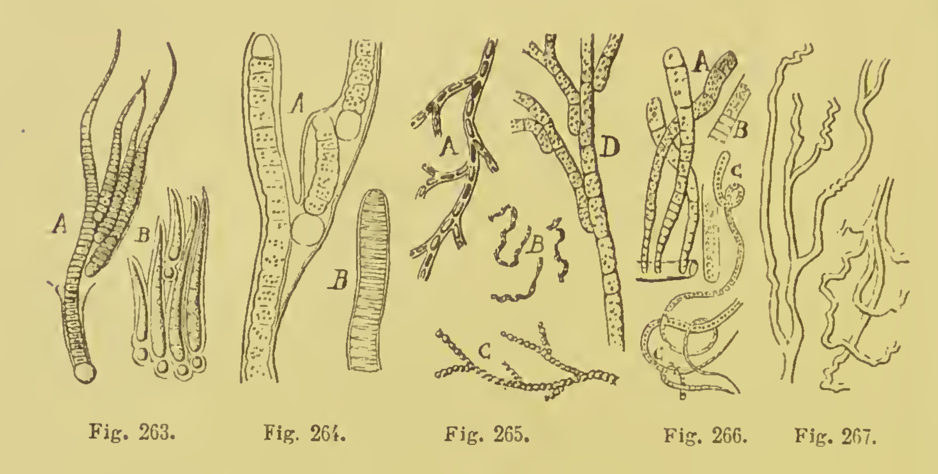


Fig. 263. Fig. 264. Fig. 265. Fig. 266. Fig. 267.

Au point de vue de la forme, les *Cénobiées*, les *Siphonées* et les *Desmidiées* paraissent plus simples encore que les précédentes, auxquelles elles sont toujours supérieures au point de vue de l'organisation : citons particulièrement comme très fréquentes dans les eaux claires: ruisseaux, mares, etc., l'*Ankistrodesmus*, le *Scenedesmus acuta* et le *Rhiphidium lunula* (pl. I, 53 à 55) qui ne diffèrent guère que par la taille et, au moins pour le dernier, par une forme en croissant plus prononcée; l'*Hydrodyctyon*, petite algue verte très bien décrite par Morren, et formée d'une seule

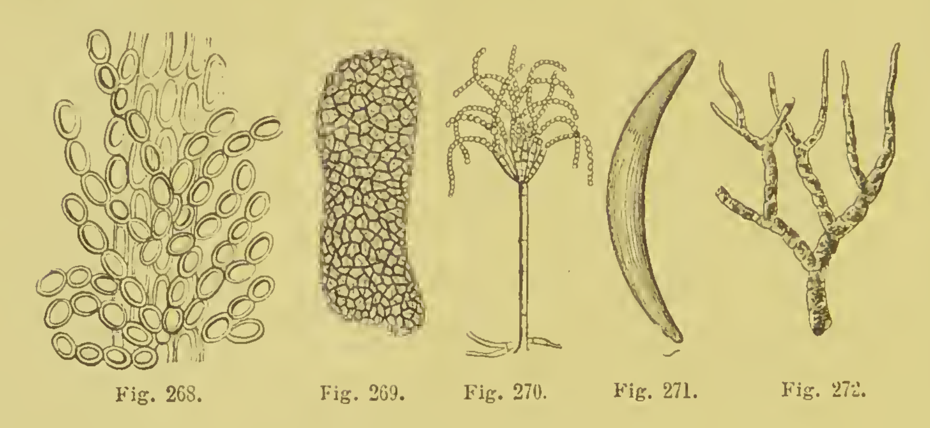


Fig. 268. Fig. 269. Fig. 270. Fig. 271. Fig. 272.

cellule se présentant sous forme d'un filet à larges mailles, représenté vide dans la figure 269, mais pouvant contenir jusque 20,000 spores excessivement petites et d'un vert pâle à l'état isolé, mais d'un beau vert lorsqu'elles sont réunies; le *Closterium lunula*,

belle desmidiée verte pourvue d'un noyau central cylindrique, arrondi aux deux bouts, de deux vacuoles situées aux extrémités du croissant et, enfin, de deux chromatophores sphériques d'un vert foncé, occupant la zone intermédiaire (pl. I, 50); le *Closterium striatum* (fig. 271), vert également mais à surface fortement striée longitudinalement et ne montrant aucun des éléments spéciaux que nous venons de signaler dans l'espèce précédente; les *Desmidium sphær.* et *Swart.* (pl. I, 49). Signalons encore les *Bangia*, floridée d'eau douce assez commune et à thalle aussi simple que celui d'une nostocacée quelconque (fig. 278).

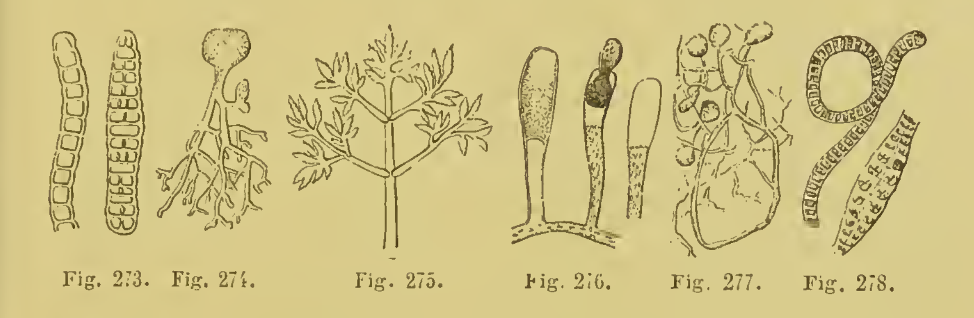
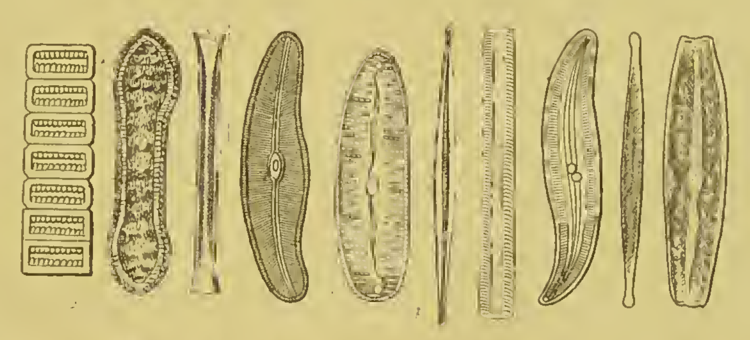


Fig. 273. Fig. 274. Fig. 275. Fig. 276. Fig. 277. Fig. 278.

Les *Confervacées* et les *Diatomées* sont non moins fréquentes et non moins simples d'aspect que les précédentes. Les *Conferva aera* (fig. 261) *floccosa* (pl. I, 21), *Ulva lactuca* (pl. I, 62), *Œdogonium vesicatum* (pl. II, 5), *Sphæroplea annulina* (pl. II, 13) se rencontrent à chaque instant dans les sédiments aqueux concurremment avec *Navicula viridis* (fig. 283), *Diatoma vulgare* (fig. 295), *Melosira varians* (fig. 291), *Meridium circulare* (pl. II, 3) et plusieurs autres diatomées brunes ou vertes dont les figures 292 à 295 représentent les principales.



Figures : 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288.

Ces algues présentent cette curieuse propriété d'être brunes à

l'état vivant et vertes après la mort, ce qui est dû à la présence de deux pigments brun et vert, tous deux insolubles pendant la vie de la plantule tandis que le premier se dissout dans l'eau après la mort de celle-ci, laissant la chlorophylle seule fixée sur les plastides.



Figures : 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295.

Les diatomées se posent sur tous les objets, vivants ou inertes, à leur portée: il suffit pour s'en procurer à volonté, surtout au printemps et en automne, de prendre quelques brins d'herbes immergés le long des bords ou une petite pierre au fond d'un ruisseau, d'une mare, etc., et de les frotter avec un pinceau dans un peu d'eau distillée : la récolte est généralement abondante et rarement infructueuse. Ne pas oublier qu'une abondante lumière leur est fort désagréable.

Ceux qui s'intéressent particulièrement à l'étude des *Diatomées* trouveront de multiples et précieux renseignements dans le magnifique ouvrage, bondé de superbes dessins, que M. le Dr H. Van Heurck a publié il y a deux ou trois ans à peine, ouvrage qui a été couronné par l'*Institut de France.*

Il nous reste à mentionner, avant de passer au second groupe, les *Spirogyra* et les *Zygnema,* appartenant à la grande famille des *Conjuguées* et que l'on rencontre aussi fréquemment dans les eaux limpides. Nous en avons représenté plusieurs espèces, soit à l'état isolé, soit en conjugaison, telles que nous les avons observées dans une *Zygnema* que nous avons dû faire reproduire en noir, faute de place (fig. 256). Ces deux algues diffèrent par la forme de leurs *Chromataphores :* spiralés chez les *Spirogyra*, étoilés, rayonnés chez les *Zygnema.*

b) *Thallomorphiacées colorées ramifiées.* — Plusieurs espèces ont l'aspect général de véritables champignons, dont elles diffè-

rent cependant par la forme de leurs utricules, simples ou composés. Presque toutes les familles dont nous venons de parler en contiennent, même les diatomées. Citons, parmi les plus communes, les *Batrachospermum* (fig. 258 et 262) et les *Chara*, fréquents dans tous les cours d'eau rapides, les *Mesoglœa* (fig. 268), les *Chætophora* (fig. 272), les *Cladophora* (pl. II, 10), les *Botridium* ou *Hydrogastrum* (fig. 274 et 277) et, mais plus rarement, les *Valonia* (fig. 275) et les *Vaucheria* (fig. 276). Parmi les *Diatomées* ramifiées, citons quelques *Cocconema* (fig. 293) et *Gomphonema* (pl. II, 9).

IX. — Cœlentérés.

1° **Spongiaires.** — On ne connaît que quelques rares espèces d'éponges d'eaux douces; on les rencontre généralement sur les pieux immergés, les bois flottés, les montants d'écluses, etc. Elles n'ont rien de microscopique, mais leurs spicules doivent être signalés de même que les cellules de forme amiboïde des *Halisarcines* ou éponges molles. Les premiers sont ou bien calcaires ou encore siliceux, et très variables de forme; Neuville (*loc. cit.*) en a dessiné deux ou trois espèces fusiformes terminées en pointe aigue et qu'il a rencontrées dans les eaux de Paris et des environs, mais ils doivent être assez rares, car nous n'en avons jamais trouvé jusqu'ici.

2° **Hydres.** — L'aspect de ces animalcules est trop caractéristique pour qu'il soit nécessaire de les décrire; nous nous bornerons donc à les signaler et à les figurer (pl. I, 41 et II, 29). On les rencontre dans les eaux stagnantes, notamment dans les étangs limpides où elles vivent sur les plantes submergées; elles sont très contractiles, très vivaces et surtout très... voraces.

X. — Vers.

1° **Planaria.** — Corps ovale, allongé et aplati, extrémité antérieure arrondie ou acuminée. Les *Planaria polychroa*, *lugubris* et *torva* (fig. 296 à 298, d'après O. Schmidt) sont assez fréquentes dans les eaux douces.

2° **Anguillulides.** — Corps filiforme aminci aux deux bouts; la bouche est arrondie ou triangulaire, parfois labiée; la queue est

fine, piquante : on l'a comparée à une alène, mais elle peut aussi être plus ou moins tronquée. La cuticule peut être striée transversalement. Tous ne vivent pas dans l'eau, mais plusieurs espèces peuvent y être entraînées par les pluies coulant à la surface des terrains contenant beaucoup de matières pourries ou encore par les déjections animales, etc. Signalons particulièrement l'*Anguillula stercoralis ou intestinale*, que nous avons rencontrée en

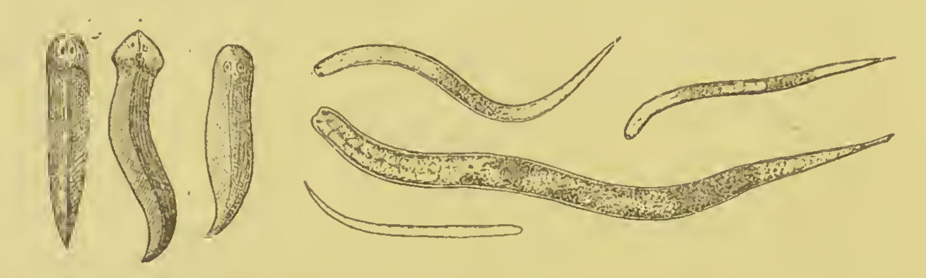
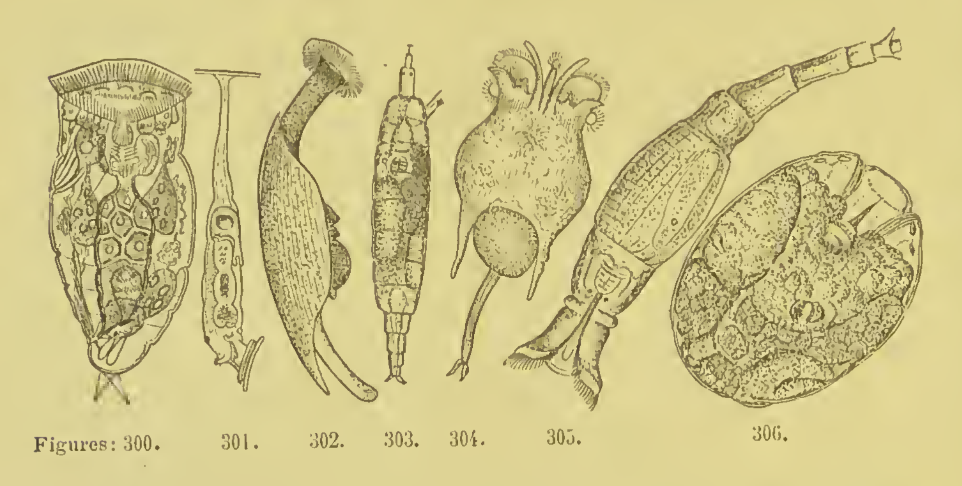


Fig. 296. 297. 298. Fig 299.

abondance dans quelques eaux de grandes mares et de canaux et dans les eaux de distribution de la ville d'Ostende au cours de l'été 1893 (fig. 299). Ce ver a été signalé fréquemment en Italie, notamment dans les rizières, en Hongrie où l'on croit qu'il joue un rôle dans la genèse de l'anémie des mineurs, en Angleterre, en Allemagne, en France, où G. Neuville l'a fréquemment rencontré dans les eaux de la Seine à Paris et aux environs.



Figures : 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306.

3° **Rotateurs.** — Corps allongé, à segmentation tégumentaire, appareil ciliaire protractile situé à l'extrémité antérieure du corps, ganglion cérébroïde, canaux aquifères. Ils habitent les eaux courantes et surtout stagnantes : puits, citernes, étangs, fos-

sés, mares, etc., mais seulement du printemps à l'automne ou dans tous les cas très rarement en hiver. On peut le mieux s'en procurer sur les plantes submergées ou encore en délayant dans de l'eau un peu de mousse des toits ou de poussière ramassée

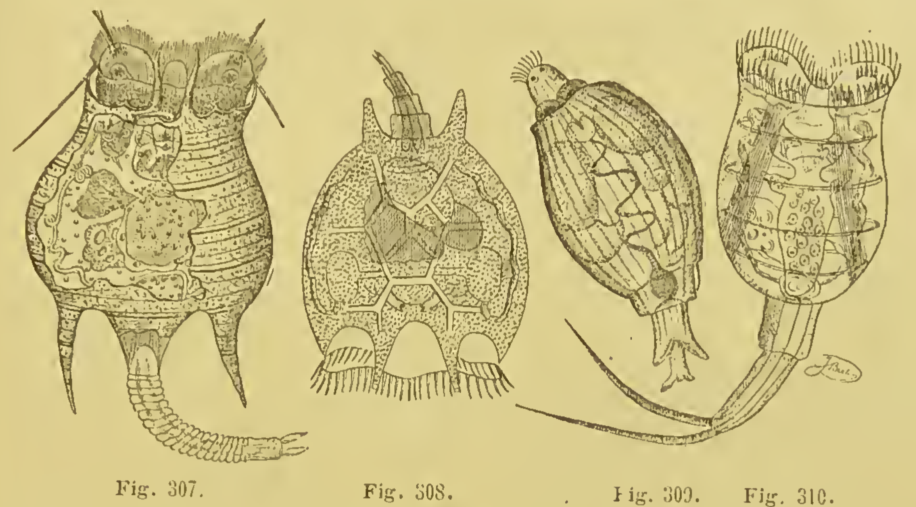


Fig. 307. Fig. 308. Fig. 309. Fig. 310.

dans les gouttières : il est rare qu'au bout de deux ou trois heures on n'en ait pas au moins quelques exemplaires.

Les *Rotateurs* sont libres ou fixés sur un support quelconque au

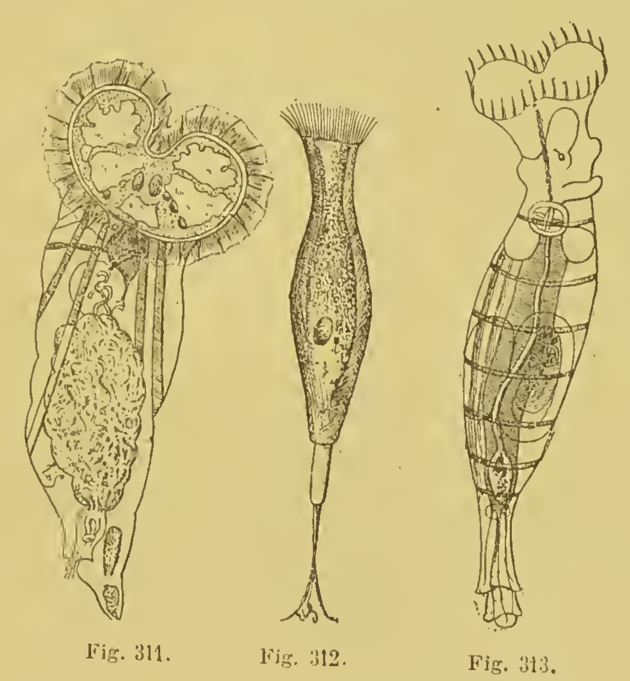


Fig. 311. Fig. 312. Fig. 313.

moyen d'un pédoncule ou, et plus souvent encore, au moyen d'appendices postérieurs variés; enfin quelques espèces vivent dans une gaîne ou un tube gélatineux.

Les espèces actuellement connues sont très nombreuses : 250 à 300 au moins, distribuées en familles et genres, dont les



Fig. 314. Fig. 315.

principaux types sont représentés ci-contre, figures 300 à 322 incluses.

Les *Rotateurs* — tout au moins le plus grand nombre — sont

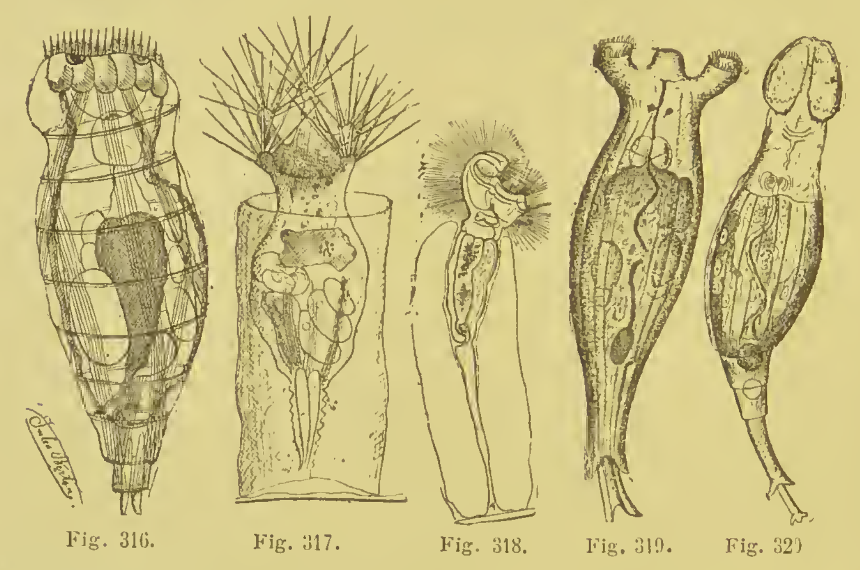


Fig. 316. Fig. 317. Fig. 318. Fig. 319. Fig. 320

excessivement contractiles et prennent des aspects très divers, de telle sorte qu'il faut les observer vivants pour ne pas être tenté

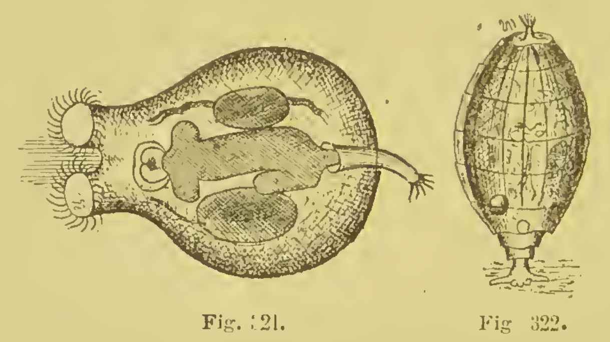


Fig. 321. Fig 322.

de croire que l'on se trouve en présence de plusieurs espèces représentées par un seul individu. Les figures 303, 305, 306 et 309 qui représentent un seul et même individu, le *R. vulgaris*, et les

figures 315, 320 et 321 qui se rapportent à la *Calladina vaga*, en sont une preuve frappante.

Presque tous sont incolores ou colorés accidentellement, tel, par exemple, le *R. vulgaire* devenant rouge après avoir copieusement dîné de la *Discœrea purperea;* cependant nous avons trouvé un *Melicerta ringens* à gaîne brune. Enfin les yeux sont souvent d'un beau rouge brun ou carmin.

4° **Oligochœtes limnicoles.** — Annélides vivant dans les eaux douces, surtout souterraines. Les genres *Naïs*, *Pachydrilus*, *Phreatothrix*, *Œlosoma*, ont été rencontrés dans les eaux de puits, etc., par divers auteurs et notamment par Vejdovsky à Prague et Moniez à Lille; nous renvoyons le lecteur aux travaux de ces deux derniers savants pour la description de ces vers, qui sont du reste tous visibles à l'œil nu.

XI. — Arthropodes.

1° **Cladocères.** — Corps comprimé latéralement et entouré d'une carapace bivalve hors de laquelle la tête fait saillie à la manière d'un toit (Claus). Deux seulement nous intéressent : la *daphnie* et le *lyncée*, que l'on rencontre généralement, surtout en été, à la surface des eaux stagnantes mais limpides et peu profondes; on les a cependant signalés dans les eaux de puits (Vejdovski, Moniez, etc.), de canaux (Lermuseau).

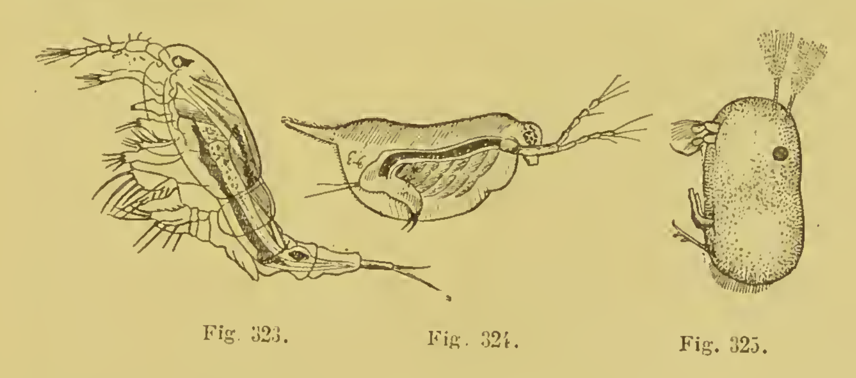


Fig. 323. Fig. 324. Fig. 325.

La carapace de *Daphnia pulex* (fig. 324), est réticulée et à facettes losangiques; celle du *Lyncée rond* ressemble à une mosaïque. La première n'a qu'un œil, mais il est très gros et à multi-

ples facettes, le second en a deux, lui, mais l'un est beaucoup plus petit que l'autre, de telle sorte qu'on peut se demander quel est, de ces deux *Cladocères*, le mieux partagé sous le rapport de la vue. Le bec des *Lyncées* est double et très pointu, l'inférieur est terminé par une touffe de cils (pl. II, 32 et fig. 326 A et B). Corps jaune clair, ovaires muriformes et d'un beau vert clair, tube intestinal rouge foncé, presque noir même, vésicule pulsatile céphalique et colorée en rouge.

2° **Ostracodes**. — Carapace bivalve complète, sept paires d'appendices, palpes mandibulaires en forme de pattes et un abdomen court (Claus).

Ils sont représentés dans les eaux douces par les *Cypris* et les *Diaptomus* que l'on rencontre, surtout au printemps et en été, sur et sous les lentilles d'eau, dans les étangs, viviers, mares, etc., peu profonds et bien aérés; cependant ils semblent s'acclimater aisément dans d'autres milieux, car MM. Vejdowsky et Moniez disent avoir souvent rencontré deux ou trois espèces de *Cypris* dans les puits et réservoirs souterrains de Prague et de Lille, et nous en avons trouvé dans des canaux, notamment dans le canal de Willebroeck, à Bruxelles, dont les eaux sont infectes.

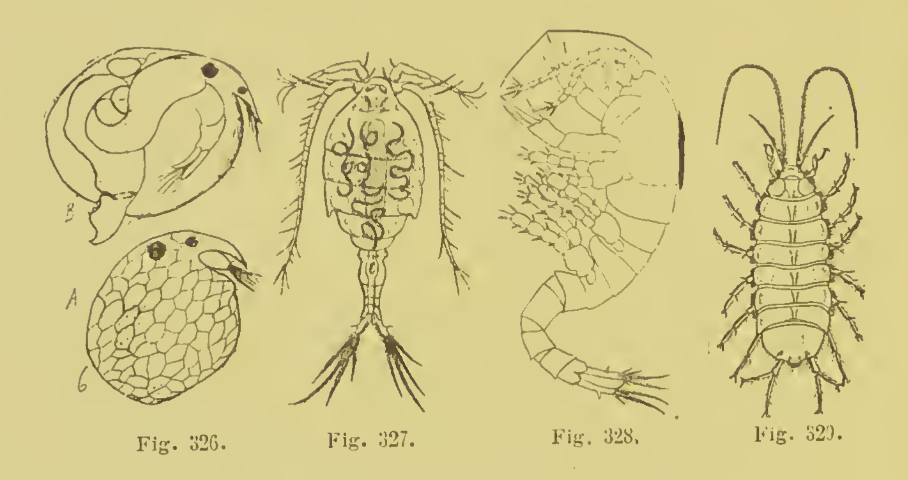


Fig. 326. Fig. 327. Fig. 328. Fig. 329.

L'espèce la plus fréquente est le *C. fusco* qui abonde dans les mares où l'on peut le voir nager à l'œil nu, grâce à sa teinte brune très prononcée. La première paire de pattes-antennes est plus longue que la seconde et munie d'un faisceau de soies ou poils très fins (fig. 325). Les *Cypris*, de même du reste que la plupart des arthropodes d'eau douce, peuvent être rencontrés à l'état

larvaire dans les sédiments ou la vase du fond : c'est la forme *nauplienne* des auteurs (fig. 331).

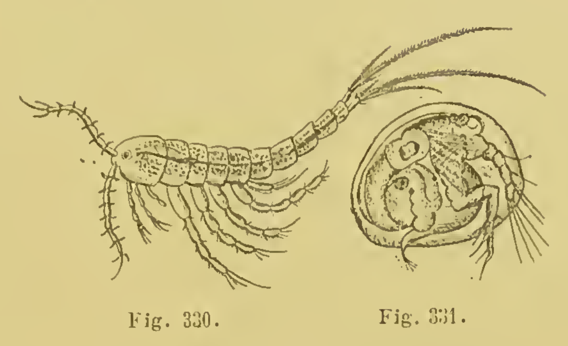


Fig. 330. Fig. 331.

3° **Copépodes.** — Représentés par les *Cyclops* dont plusieurs espèces sont très communes partout; ils mesurent environ un millimètre de longueur et sont pourvus de deux paires de pattes-mâchoires, deux idem antennes multiarticulées et portant des pinceaux de poils figurant souvent de très délicates et fines plumules de toute beauté. Corps aplati, cuirassé par imbrication et formé de cinq articles; les ovaires, très gros, sont appendus à la partie inférieure du corps et donnent aux femelles un aspect tout à fait caractéristique; la queue est longue, assez large, inférieurement bifide et terminée par de belles plumules. Un seul œil, sombre, presque noir même, situé au milieu du front. Dans certaines espèces, les antennes ou cornes supérieures sont beaucoup plus longues que les inférieures; dans d'autres, c'est tout à fait le contraire, mais, somme toute, ils sont aussi... cornus les uns que les autres.

Plusieurs espèces ont été rencontrées dans les eaux stagnantes de surface ou de profondeur; M. Moniez dit qu'il suffit, pour s'en procurer une abondante moisson à Lille, de filtrer pendant quelques heures l'eau qui s'échappe d'un robinet de la distribution d'eau de cette ville (*loc. cit.* p. 31). Nous constatons à regret, comme micrographe bien entendu, que nous sommes moins bien loti sous ce rapport à Bruxelles qu'à Lille.

Presque tous les *Cyclops* sont grisâtres, mais il en est cependant de richement colorés. C'est ainsi que nous avons recueilli dans une mare, quelques heures après un violent orage (juillet 1890), un superbe quadricornis à corps jaune verdâtre tacheté de vert et rayé de rouge, avec œufs couleur sang, branchies, antennes et

plumules caudales bleu verdâtre (pl. II, 2); malheureusement, dame nature avait sans doute oublié le mordançage, car l'animalcule s'est décoloré peu à peu et si bien qu'un jour j'ai été véhémentement soupçonné d'avoir voulu monter une *Tarasque* à quelques naturalistes invités à venir admirer ma trouvaille !

Nous représentons, fig. 327 et 330, les formes adultes des *Cyclops coronatus* et *minutus*, fig. 323, page 199, la forme la plus jeune du *C. crassicornus* (*C. fimbriatus*, Fisch.) et fig. 332, la forme

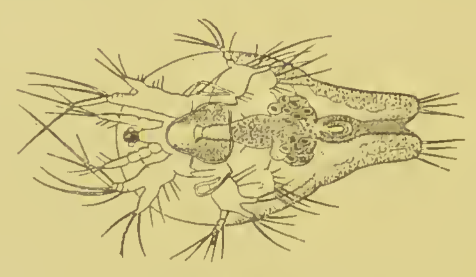


Fig. 332.

larvaire du *C. serrulatus* (*C. agilis*, Koch) d'après Claus. Ajoutons que les espèces *bicuspidatus* et *brevicaudatus* Claus ont été également signalées comme étant fréquentes dans les eaux de puits à Prague et à Lille.

5° **Amphipodes.** — Corps très allongé, comprimé latéralement et présentant des branchies sur les pattes thoraciques; chez les *Gammarus* — les seuls qui nous intéressent — les antennes supérieures sont longues, grêles, filiformes, multiarticulées, portant, outre le fouet principal un petit fouet accessoire.

Les *Gammarus* (vulgo *cherrettes* ou *crevettes* d'eau douce) habitent les étangs, les mares, les ruisseaux, etc., limpides; ils s'y trouvent parfois en quantités si considérables, que les eaux en sont comme troublées et colorées en rouge ou en jaune suivant les circonstances. Les espèces les plus fréquentes sont *G. pulex* (fig. 328) et *G. fluvialilis*.

M. Moniez signale en outre comme très commune dans les eaux de puits des départements du Nord et du Pas-de-Calais, où il l'a parfois trouvé en quantité considerable le *G. puteanus* Koch; chez cette espèce, la forme des mains est *ovale* (fig. 333 A) ou *triangulaire* (id. B), cette dernière dans la proportion de 95 p. c. environ. Les figures 333 A et B ci-contre, que le savant profes-

seur lillois a eu la grande amabilité de faire dessiner pour notre ouvrage et d'après ses préparations, sont très caractéristiques sous ce rapport (on voit en *a* une main plus fortement grossie).

Les *Gammarus* sont grisâtres, mais quelques-uns sont mou-

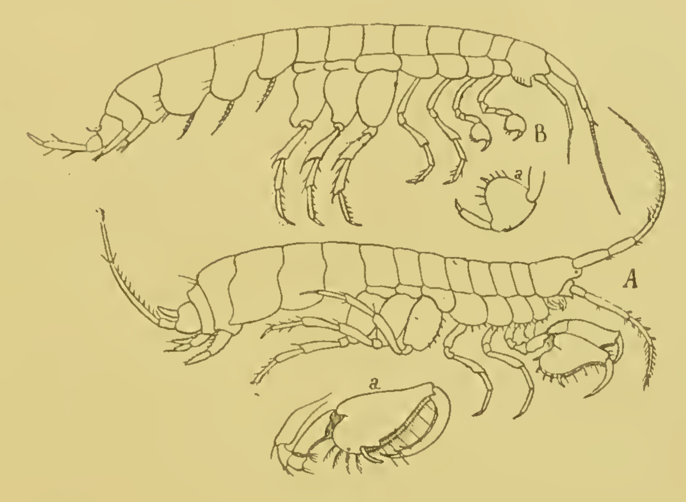


Fig. 333.

chetés ou rayés de rouge ou de jaune; le canal alimentaire est noir grisâtre, les yeux noir de jais et à facettes (pl. I, 1).

6° **Isopodes.** — Le seul genre *Asellus* a été signalé jusqu'ici dans les eaux douces : l'espèce *aquaticus* (fig. 329) dans les ruisseaux et l'espèce *cavaticus* dans les puits.

XII. — Lophopodes.

Bryozoaires d'eau douce à lophophore en forme de fer à cheval et munis d'un épistome mobile (Claus). Outre ce dernier appendice, ils sont encore caractérisés par la disposition bilatérale de nombreux tentacules formant une couronne ciliaire au *lophophore*, (anus) dont l'orifice émerge au dehors.

Les espèces les plus communes sont le *Plumatella repens* (fig. 334), le *Lophopus* Tremb. (fig. 336), la *Plumatella lucifuga* Jullien (fig. 335), l'*Alcyonella* et l'*Urnatella* Leidy; cette dernière (fig. 337) vit en colonies d'aspect campanulé à test chitineux et lophophore *interne*.

Nous avons signalé pp. 170 et 172 la présence, dans certains sédiments aqueux, des *statoblastes* ou germes vivaces ou caducs

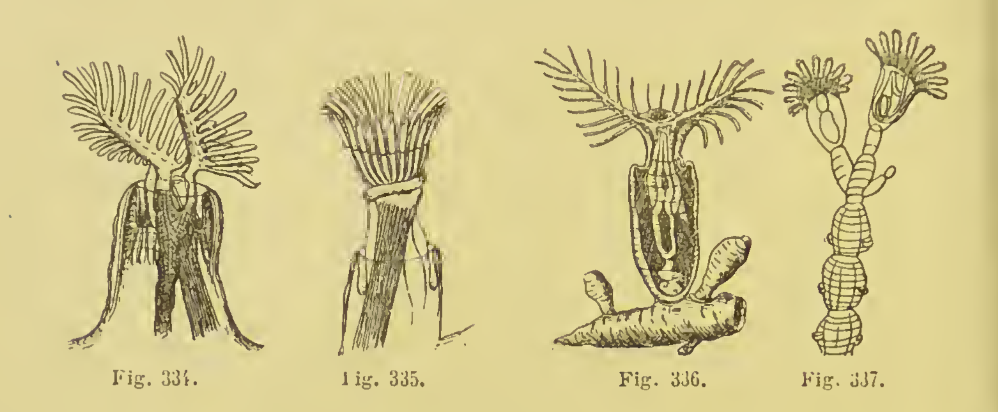


Fig. 334. Fig. 335. Fig. 336. Fig. 337.

des espèces du genre *Cristatella* qui vivent également en colonies de grandes dimensions.

TROISIÈME PARTIE

ANALYSE MICROBIOLOGIQUE

CHAPITRE PREMIER

I. — Appareils.

1° **Microscopes et accessoires.** — Ne diffèrent en rien de ceux mentionnés page 147.

2° **Étuve à air.** — Celle du laboratoire (fig. 338) suffit amplement pour toutes les stérilisations (voir, pour sa description, p. 31).

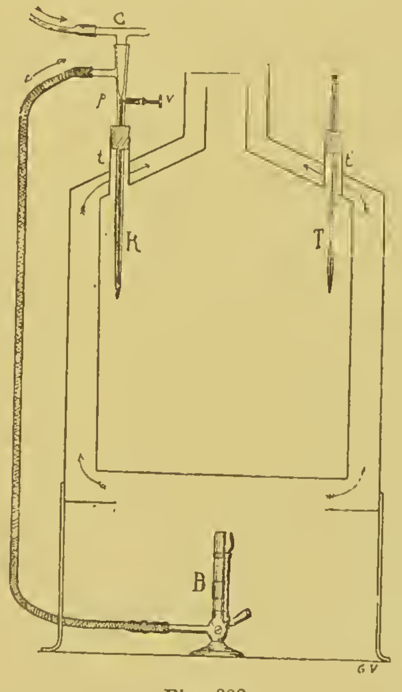


Fig. 338.

3° **Étuves à eau.** — Il est nécessaire d'en avoir deux, mais elles peuvent être quelconques et construites par le premier ferblantier-zingueur venu. Nous conseillons de leur donner une forme cylindrique et des dimensions telles que l'on puisse exécuter au moins deux analyses à la fois : elles ne coûtent pas plus cher et ne tiennent guère plus de place que si elles ne devaient servir que pour une seule analyse. Celle qui est destinée aux cultures sur plaques pour le dosage des bactéries, doit mesurer intérieurement 27 centimètres de diamètre et 8 à 9 centimètres de hauteur au plus; la seconde, usitée pour la recherche des bacilles du typhus ou du choléra, aura un diamètre de 24 centimètres et une hauteur de 16 à 18 centimètres, c'est-à-dire en rapport avec la hauteur des ballons (de 300 cc.) que l'on emploie pour cette recherche. La forme est identique : c'est celle d'une marmite cylindrique en zinc (ou fer blanc) ouverte par en haut (fig. 339 B) et

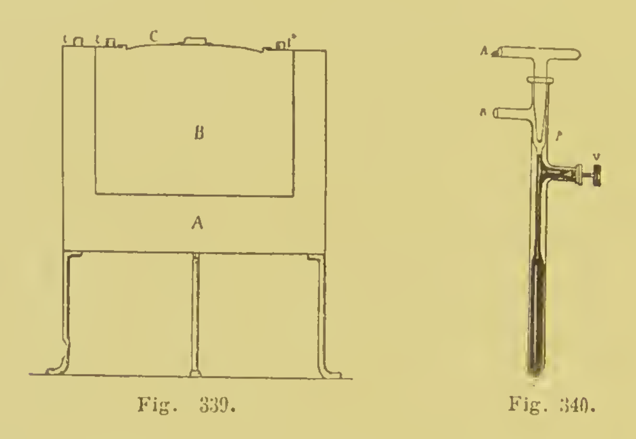


Fig. 339. Fig. 340.

munie d'un couvercle C pourvu d'une tubulure *t'* dans laquelle on fixe un thermomètre. On soude cette marmite sous le rebord, assez large, d'une seconde A de même forme et de même métal, mais de 34 à 35 centimètres de diamètre et munie de deux tubulures *t* et t^2, l'une destinée au thermorégulateur (le plus simple, est celui de Chancel (fig. 340) plus connu sous le nom de Reichert) et l'autre à l'introduction de l'eau; il suffit de la remplir presque complètement d'eau distillée ou d'eau ordinaire préalablement bouillie et filtrée et de chauffer au moyen d'un bec Bunsen à robinet d'air, que l'on ferme presque complètement dès que la température atteint 34 à 35° pour les plaques ou 40° pour les ballons. Le thermorégulateur est alors réglé par tâtonnements et

en serrant ou ouvrant plus ou moins la vis V, de telle sorte que le mercure vienne obturer la pointe *p* lorsque le thermomètre est à 37° dans le premier cas et 42° dans le second. En fermant aux 2/3 ou aux 3/4 le robinet de la canalisation du gaz et évitant les variations brusques de la température du local, on peut *très facilement* maintenir celle des étuves constante à moins de 1/2° C. près, *ce qui est absolument suffisant dans tous les cas.*

Deux étuves de l'espèce coûtent bien, thermomètres, thermo-régulateurs, brûleurs et tubes en caoutchouc compris, 40 à 50 francs au maximum; or ce sont, abstraction faite du microscope naturellement, les deux principales pièces d'un cabinet d'analyse microbiologique des eaux potables. Avec la glacière dont nous allons parler ci-après et qui revient bien à une dizaine de francs, l'étuve à air nécessaire aux analyses chimiques, un bain de sable, quelques fioles, ballons, pipettes, etc., on a tout ce qu'il faut, et ce tout coûte au maximum une *bonne centaine de francs* (mettons même 150 pour être très large) ainsi du reste que nous l'avons dit ailleurs (voir *Introduction*).

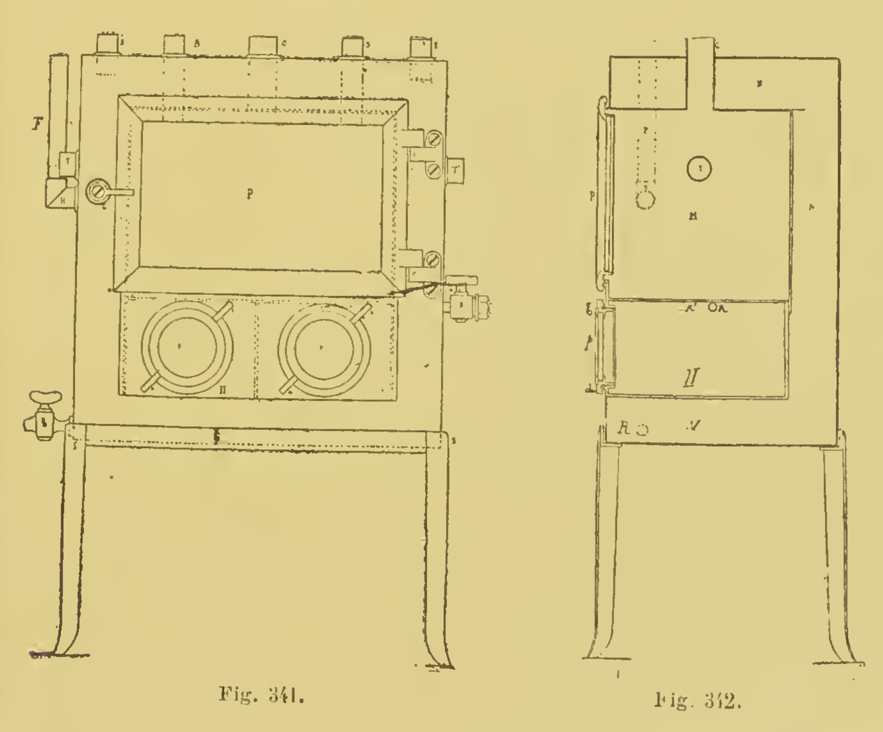


Fig. 341. Fig. 342.

Maintenant si l'on veut se procurer des étuves spéciales, plus luxueuses mais aussi autrement coûteuses, nous conseillons de préférence à toutes autres, soit celle de M. d'Arsonval, dernier

modèle, ou bien et mieux encore — pour plusieurs raisons — celle que nous avons fait construire il y a environ deux ans à Genève (*Société de construction d'instruments de physique*). Cette étuve, qui est représentée figures 341 et 342, est divisée intérieurement et transversalement en deux compartiments inégaux, dont le supérieur M sert pour les dessiccations, les évaporations et les cultures ordinaires, tandis que l'inférieur M' divisé en deux parties égales par une cloison verticale (*c*) est destiné à toutes les opérations qui doivent être exécutées dans le vide, celui-ci pouvant être obtenu soit au moyen d'une trompe à eau, soit par une pompe à air ou une machine pneumatique, et maintenu dans les deux compartiments à la fois ou dans chacun d'eux isolément et à volonté, par le jeu du robinet R.

L'appareil, construit en cuivre jaune très épais, est absolument parfait et ne coûte que 200 francs, support compris.

4° **Thermomètres.** — Deux pour les étuves et un pour prendre la température de l'eau, etc.; ils doivent être vérifiés avec soin.

5° **Cuvettes pour cultures.** — Nous employons pour les cultures sur plaques de *gélatine simple*, des lames de verre rectangulaires sur les quatre bords desquelles sont lutées des baguettes en verre plates, épaisses de 3 millimètres environ et rodées sur la face supérieure; la lame est ainsi transformée en une cuvette mesurant 87 millimètres de long et 37 de large, soit en surface 32 centimètres carrés. Elle est recouverte par une lame de verre de mêmes dimensions que la lame de fond et dont les bords sont rodés, de manière qu'en les vaselinant légèrement on obtient une fermeture absolument hermétique.

Ces cuvettes sont excessivement commodes et mettent à l'abri de toute infection extérieure pendant toute la durée de la culture, des examens, etc.; de plus elles permettent de réduire les altérations de préparation au strict minimum: il suffit, pour cela, de les remplir comme nous le dirons ci-après (§ VII, 5°). Mais elles ne conservent tous leurs avantages que pour autant que le milieu de culture ne se solidifie pas trop rapidement à la température ambiante, comme la gélatine, par exemple; avec l'agar ou la gélatine agar, elles ne valent guère mieux que les plaques ordinaires; de plus, il faut éviter de les traiter à l'eau

très chaude, autrement les bords se décollent. Si l'on pouvait les faire construire d'une seule pièce et à bas prix, elles seraient absolument parfaites.

6º **Fioles coniques.** — Comme nous n'employons, pour les numérations des bactéries, que la gélatine agar indéfiniment solide à 38-39º C., nous avons dû abandonner les plaques proprement dites et faire usage de fioles coniques d'Erlenmayer, que nous avons fait modifier dans le sens des indications données par Miquel. Ces fioles mesurent 60 millimètres de diamètre à la base et 65 à 70 de hauteur, avec une ouverture de 19 à 20 millimètres environ, que l'on ferme au moyen d'un simple tampon de ouate et dans lesquelles on introduit 10 cc. environ de gélatine agar nutritive. La figure 343 ci-contre représente, en



Fig. 343.

demi-grandeur, une de ces fioles toute préparée et prête à être mise en culture. Il en faut de 3 à 6 (maximum) pour une analyse, mais comme elles coûtent très peu de chose (1.50 à 2 fr. la douzaine), nous conseillons à ceux qui veulent se livrer à des recherches ou à des analyses suivies, d'en prendre une cinquantaine que l'on prépare et stérilise en bloc, ce qui est, comme on pourra s'en assurer par la pratique, un très grand avantage sous bien des rapports et surtout en ce qui concerne les altérations du milieu pendant la préparation des plaques, altérations ainsi réduites au strict minimum, c'est-à-dire 8 fois sur 10 au moins, à zéro.

7º **Vases jaugés.** — Les suivants sont indispensables mais suffisent pour une analyse à la fois; pour 2 ou plusieurs analyses

simultanées, leur nombre devrait nécessairement être augmenté en proportion. *A*) Un ballon en verre pas trop mince, d'une contenance de 1000 cc. limitée par un trait de jauge placé à la naissance du col, lequel doit être assez large et assez long pour permettre d'agiter et de mélanger aisément le contenu du ballon; *B*) 2 idem, mais jaugeant 300 cc. seulement : ils sont nécessaires pour la recherche du bacille typhique; *C*) 2 idem, de 100 cc., dont un jaugé comme en *A* et *B*, pour les dilutions d'eau, et l'autre, ordinaire, pour la recherche du bacille du choléra; *D*) 2 pipettes cylindriques, portant 2 traits de jauge limitant une capacité de 5 à 10 cc. (on peut les faire soi-même).

8° **Vases et tubes divers.** — 2 fioles d'Erlenmayer ou 2 ballons de 500 à 600 ou 1000 cc. pour conserver le bouillon et la gélatine simple, et 3 de 200 à 250 cc., pour divers; si l'on ne faisait pas une collection de fioles coniques (6°), il faudrait un troisième ballon de 500 à 600 cc. pour la gélatine agar. Deux ou trois douzaines de tubes à essai ordinaires et quelques tubes pipettes que l'on prépare au moment du besoin, et 3 entonnoirs assez grands pour la filtration du bouillon, de la gélatine, etc., complètent, avec quelques autres ci-après mentionnés, le matériel, excessivement simple comme on voit, nécessaire aux expériences et aux recherches dont nous allons bientôt parler.

9° **Fils de platine.** — On doit en avoir 3 montés sur manche de verre ou de métal. Nous en avons fait faire en platine iridié à 25 p. c. et les avons fait monter sur manche en nickel; la figure 344 les représente en demi-grandeur. Ils mesurent environ



Fig. 344.

15 centimètres de longueur, manche non compris, et 0^{mm}1 de diamètre, sont très flexibles et en même temps assez rigides pour ne point se déformer à l'usage comme ceux en platine pur. Leur seul inconvénient est de coûter un peu cher : fr. 2.50 à 3 francs le gramme.

10° **Objets divers.** — Un récipient pour eau stérilisée (§ II ci-après) et quelques objets accessoires que l'on prend parmi ceux du laboratoire : si toutefois on voulait se livrer à des recherches plus précises ou plus longues, il faudrait se procurer au moins un autoclave, un entonnoir à filtrations chaudes, une ou deux grandes étuves d'Arsonval ou Zune, etc., mais comme nous n'écrivons pas pour les bactériologues de profession, nous n'en dirons pas davantage.

II. — Réactifs et produits divers.

1° **Eau pure stérile.** — Après de nombreux essais nous nous sommes arrêtés, pour obtenir de l'eau pure en grande quantité et sans frais, au procédé que voici : On fait fabriquer chez le premier ferblantier venu, une sorte de grande bouteille en fer blanc bien étamé, d'une contenance de 10 à 12 litres et de la forme indiquée par la figure 345; on la remplit presque complètement d'eau distillée, on fait bouillir sur un bon feu pendant

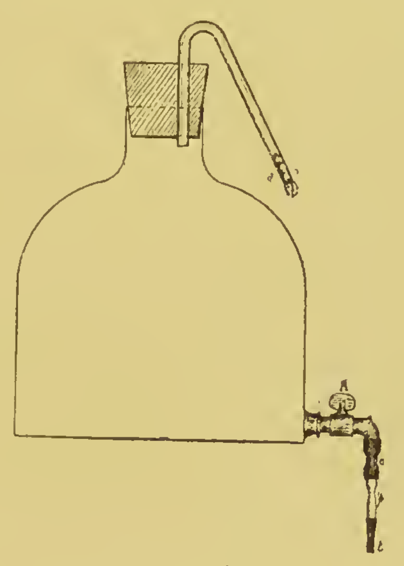


Fig. 345.

15 à 20 minutes, on ferme avec un bouchon en liège ou en caoutchouc stérilisé et muni d'un tube en verre coudé, dont l'extrémité libre est obturée par un tampon de coton, on laisse refroidir et on met de côté pendant 24 heures. Au bout de ce temps, on fait bouillir à nouveau en procédant identiquement de la même ma-

nière que la première fois et on répète cette opération une troisième fois : l'eau ainsi obtenue est absolument pure de tout germe et se conserve telle aussi longtemps qu'on le veut.

La pointe *p* du robinet R est flambée au moyen d'un brûleur Bunsen ou d'une lampe à alcool, puis coiffée, aussitôt refroidissement suffisant, d'un petit tube en caoutchouc fermé à un bout. Lorsque l'on a besoin d'eau, on enlève ce tube, on ouvre le robinet, on laisse couler la quantité de liquide nécessaire, on ferme et on remet immédiatement le caoutchouc en place, en ayant soin pourtant de flamber de temps en temps la pointe *p*.

2° 50 grammes gélatine Nelson ou autre, mais de toute première qualité; 25 grammes de peptone sèche; 50 grammes de glycérine blanche redistillée pure, à 28° B^e; 10 grammes agar-agar, acide phénique cristallisé pur et chlorure sodique; 100 à 200 grammes ouate hydrophile et, au moment du besoin, 250 à 500 grammes viande et 3 ou 4 œufs; 5 grammes de chacun des produits suivants : tannin à l'éther, fuchsine, violet 6 B, sulfate ferreux, bleu de méthylène, carbonate d'ammoniaque, nitrite potassique et acide sulfurique concentré; solution de baume de Canada dans le xylol et solution iodo-iodurée de Gram : la plupart de ces réactifs étant du reste nécessaires pour l'analyse micrographique font double emploi ici mais nous avons cependant préféré les rappeler que de les passer sous silence.

III. — Stérilisation des verreries, bouchons, ouate, etc.

1° **Coton, bouchon et tubes en caoutchouc.** — On les chauffe à l'étuve à air pendant 30 à 40 minutes vers 150 à 160° C. Le coton ne doit pas roussir ou seulement très peu, sinon il devient poussiéreux et doit être jeté. On le stérilise du reste très fréquemment en même temps que les vases : tubes à essai, fioles, etc., qu'il sert à obturer.

2° **Bouchons liége et liége-étain.** — On a recommandé de les passer dans la flamme, mais il est difficile de ne pas les charbonner et alors ils sont sales et salissent tout; il est préférable de procéder comme en 1°, sauf pourtant en ce qui concerne les bouchons que nous nommons *liége-étain* et qui ne sont autre chose que des bouchons en liége fin et souple entourés

d'une mince feuille d'étain disposée en capuchon renversé : ceux-là peuvent être passés au feu. On les tient par le gros bout entre l'extrémité des doigts de la main gauche (ou droite) et on plonge l'autre bout, complètement recouvert par la feuille d'étain, dans la flamme.

3° **Verreries.** — Tout ce qui peut être placé à l'étuve ou chauffé dans la flamme (tubes à essai et autres) est flambé ou chauffé comme le coton par exemple, mais un peu plus longtemps : 1 à 2 heures suivant les dimensions des vases et l'épaisseur du verre. Les grands ballons peuvent être stérilisés à l'eau bouillante; on y verse 40 ou 50 cc. d'eau distillée et on fait bouillir fortement jusque réduction à 4 ou 5 cc.; on éteint le feu et on ferme ensuite immédiatement, au moyen d'un bouchon armé d'un petit tube obturé à la ouate ou même avec un bouchon plein si l'on veut conserver le vide dans le ballon, qui alors doit être naturellement assez épais pour résister à la pression extérieure

On peut aussi, et nous le faisons fréquemment, les laver à l'acide sulfurique dilué (10 p. c.), bouillant ou au moins très chaud en prenant les précautions nécessaires pour éviter la casse; on rince fortement à l'eau stérile, puis on ferme comme ci-dessus.

4° **Thermomètres.** — M. Miquel conseille de les plonger pendant quelques instants dans de l'acide azotique nitreux, puis dans un grand flacon contenant un peu d'ammoniaque dont les vapeurs saturent l'acide resté sur la tige, et de rincer ensuite fortement à l'eau stérile. C'est parfait et nous n'avons rien à ajouter à cette recommandation.

5° **Plaques-cuvettes.** — La stérilisation exige quelques précautions. Le mieux est de les placer, l'ouverture en bas, dans une petite boîte en zinc de forme rectangulaire, de recouvrir exactement avec une bonne couche d'ouate et de chauffer celle-ci à l'étuve vers 150-160° C., pendant au moins une heure; on laisse refroidir, puis on enlève la ouate et on saisit chaque plaque entre le pouce et les autres doigts de la main gauche, on la retire et on la pose, l'ouverture toujours tournée en bas, sur son couvercle stérilisé en même temps et dont les bords ont été, au moment même, légèrement mais nettement vaselinés. Il est bon de se faire aider pour aller plus vite Une fois fermées, les cuvettes peuvent

être conservées sans aucune précaution; cependant si elles ne servent que rarement, il est prudent de les envelopper dans un papier de soie et de les replacer dans la boîte en les recouvrant avec la ouate. On ne peut songer à fermer les cuvettes à chaud parce que le refroidissement y produirait un vide relatif, de telle sorte qu'en les ouvrant ultérieurement, l'air extérieur s'y précipiterait avec toutes ses impuretés.

6° **Objets en métal.** — On les flambe.

7° **Conservation aseptique des objets stérilisés.** — Tout ce qui présente une ouverture est obturé à la ouate; le reste est plongé, un ou plusieurs objets à la fois, dans des éprouvettes ou flacons à large goulot stérilisés et dans le fond desquels on a placé une couche de ouate, de verre filé ou d'amiante stérilisés; les vides de l'ouverture sont remplis avec de la ouate. Du reste quelques heures de pratique, surtout suivie d'insuccès, en apprendront plus, sous ce rapport, que les plus minutieuses et les plus longues descriptions.

IV. — Milieux de culture.

Nous n'indiquerons que ceux indispensables pour la numération des microbes et la recherche des bacilles du typhus et du choléra; pour les autres, nous renverrons aux ouvrages spéciaux.

Disons tout d'abord que celui qui n'a qu'une analyse à faire de temps à autre, aurait tort de s'astreindre à préparer lui-même les milieux de culture dont il s'agit : il peut parfaitement les prendre dans le commerce, où il les trouvera à un prix raisonnable et dans tous les cas inférieur à ce qu'ils lui coûteraient s'il les préparait lui-même; mais ceux qui veulent se livrer sérieusement aux analyses bactériologiques d'eaux, doivent absolument se charger du soin de la préparation des gelées, bouillons, etc., dont ils pourront avoir besoin. C'est pour eux que nous allons décrire les procédés, du reste très simples bien qu'un peu longs, à employer dans ce but.

1° **Bouillon nutritif.** — On prend 500 grammes par exemple de belle viande de bœuf (faux-filet) fraîchement tué, on les dépouille le plus complètement possible de toute matière grasse,

· membrane, nerfs, etc., on les hache grossièrement, on les introduit avec 5 à 6 grammes de sel de cuisine dans une grande marmite contenant environ un litre et demi d'eau ordinaire et on fait bouillir à grand feu d'abord, doucement ensuite, pendant au moins trois quarts d'heure à une heure, en ayant soin d'écumer, c'est-à-dire d'enlever l'albumine au fur et à mesure qu'elle vient se coaguler à la surface. On éteint ensuite le feu et on verse chaud sur une étamine ou blanchet des pharmacies préalablement trempé dans l'eau et légèrement exprimé, et on recueille dans une seconde marmite ou une capsule d'une capacité de 14 à 1500 cc. Lorsque la filtration est complète, on ajoute au bouillon 20 grammes de peptone sèche (1) et 20 grammes de glycérine (p. 212), on mélange bien, puis on verse un blanc d'œuf préalablement délayé et battu avec soin dans 20 à 25 cc. d'eau distillée, on agite, on chauffe sur un feu doux de manière à porter lentement le liquide à une ébullition très modérée, que l'on maintient jusqu'à ce que l'albumine de l'œuf soit bien rassemblée à la surface, on enlève le coagulum avec une écumoire, on filtre chaud sur bon papier préalablement mouillé et on reçoit le filtratum dans un ballon d'un litre que l'on achève de remplir, s'il y a lieu, avec de l'eau stérile. Si l'on a bien opéré, le liquide est clair et reste tel après refroidissement; dans le cas contraire, on devrait chauffer, clarifier, puis filtrer à nouveau.

Lorsque la viande est fraîche, l'alcalinité du blanc d'œuf suffit amplement à la saturation de l'acidité du bouillon, mais dans le cas contraire, on doit le sursaturer légèrement par le carbonate de soude.

Le ballon est fermé de la manière indiquée par la figure 346 ci-contre, les tubes en verre et en caoutchouc, ainsi que le bouchon étant préalablement stérilisés avec soin avant d'être mis en place. Le mieux est de les chauffer à l'étuve et de les y maintenir jusqu'au moment même où ils doivent être utilisés; on peut, si c'est nécessaire, c'est-à-dire si l'étuve était trop petite, stériliser l'armature complète en deux parties : le bouchon en caoutchouc et les tubes en verre d'un côté, la pince de Mohr, la petite pipette et les deux tubes en caoutchouc d'un autre.

(1) Tous les produits de bonne marque peuvent servir, mais nous recommandons cependant de préférence la peptone stérilisée De Naeyer (de Bruxelles), ou celle de Witte (de Rostock).

Au bout de 24 heures, on chauffe de nouveau le bouillon au bain de sel pendant 25 à 30 minutes et on répète cette opération le jour suivant, absolument comme pour l'eau (p. 211), en ayant soin d'enlever la bourre de coton A et d'ouvrir la pince P un peu avant l'ébullition.

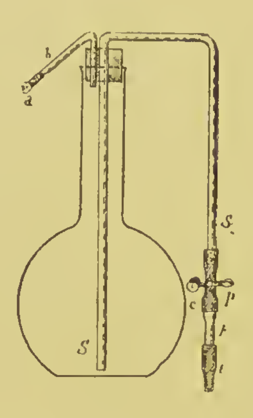


Fig. 316.

Pour retirer le bouillon au fur et à mesure des besoins, il suffit d'amorcer le tube siphon de la manière indiquée pour les liqueurs alcalines et de prendre toutes les précautions nécessaires pour conserver la pointe *p* aseptique.

2° **Gélatine nutritive.** — On met 50 grammes de gélatine en morceaux pas trop grands dans un gobelet en verre, on les humecte avec 100 grammes d'eau distillée, on couvre et on met de côté pendant quelques heures (du soir au matin, par exemple). On chauffe alors à l'ébullition dans une capsule en porcelaine ou en métal émaillé d'une capacité de 700 à 800 cc., un mélange à parties égales de bouillon nutritif (250 cc.) et d'eau distillée (idem); on éteint le feu, on introduit la gélatine — quelquefois un peu collée au verre — dans le liquide où elle se dissout pour ainsi dire instantanément ou tout au moins très rapidement, on laisse refroidir vers 40-50° C., on ajoute un blanc d'œuf comme pour le bouillon et on procède à la clarification de la même manière, avec cette différence, très sensible par exemple, qu'il faut chauffer au bain-marie et jamais à feu nu, la gélatine brûlant très facilement au fond du vase.

Lorsque l'albumine est bien coagulée et rassemblée à la surface, ce qui exige souvent 40 à 50 minutes et même plus, on l'enlève

avec l'écumoire et on filtre sur papier blanc mouillé à l'eau chaude.

En été, ou lorsque la température du laboratoire n'est pas inférieure à 25-26° C., la filtration est assez rapide : 10 à 15' environ, surtout si l'on a soin de laisser la capsule au bain-marie et de remplir l'entonnoir dès qu'il est à moitié vide ou à peu près. En hiver, il est nécessaire de filtrer à l'étuve ou tout au moins à côté d'un bon feu.

La gélatine est recueillie dans une fiole d'Erlenmayer stérilisée que l'on ferme avec un tampon de ouate ; on met de côté pendant 24 heures, puis on procède, comme pour le bouillon, à deux stérilisations successives et espacées de 24 heures.

Si la solution n'était pas limpide après la première filtration, il faudrait déféquer puis filtrer une seconde fois ; cependant on réussit presque toujours à obtenir un liquide ambré absolument limpide, en chauffant à l'étuve à air pendant deux ou trois heures vers 105-110° C , puis filtrant une seconde fois dans une autre fiole stérilisée où l'on conservera la gelée. Nous en avons préparé ainsi il y a un an et elle est toujours de toute beauté.

On a recommandé de neutraliser la gélatine avant de la filtrer. C'est évidemment aussi nécessaire que pour le bouillon si l'on se sert de produits de mauvaise qualité, mais si l'on prend les précautions indiquées, c'est absolument inutile.

3° **Gélose ou agar-agar.** — 5 grammes du produit commercial coupés en morceaux de 4 à 5 centimètres de longueur, sont mis à digérer pendant 16 à 24 heures (suivant température) dans 250 à 300 cc. d'acide chlorhydrique pur dilué (10 à 15 grammes HCl concentré pour 250 à 300 d'eau distillée) ; on lave, on exprime dans de l'eau distillée ou ordinaire filtrée, puis on fait digérer à nouveau dans 200 à 300 cc. d'eau ammoniacale (15 à 20 cc. d'AzH^3 concentrée pure) pendant le même laps de temps que ci-dessus et en agitant de temps à autre. Le liquide alcalin, alors brun clair, est jeté et l'agar est lavé avec le plus grand soin jusque disparition d'ammoniaque (le mieux est de le renfermer dans un linge fin et de le presser doucement après chaque lavage, autrement il faut un temps énorme pour aboutir).

La gélose ainsi préparée est dissoute dans environ 500 grammes d'eau bouillante ordinaire, ce qui se fait très rapidement en agi-

tant un peu; on laisse refroidir jusque vers 50-60° C., on ajoute *deux* blancs d'œufs dissous dans 30 à 40 cc. d'eau distillée et on fait bouillir au *bain de sable* pendant au moins une heure; on enlève l'albumine et on filtre sur papier mouillé et à l'*étuve.* Si l'alcalinité était trop forte, on ajouterait quelques gouttes d'acide acétique dilué de manière à neutraliser *incomplètement* l'excès d'alcali, on ferait bouillir une seconde fois puis on filtrerait de nouveau. Pour le surplus, on procède absolument comme pour la gélatine, le bouillon, etc.

La gelée ainsi obtenue est rarement tout à fait limpide : nous n'avons encore réussi qu'une seule fois à l'obtenir telle, mais elle est notablement moins opaline que celle qui a été préparée de la manière ordinaire. La double macération que nous venons d'indiquer a été préconisée par Macé dès 1887. (*Ann. Pasteur*, p. 189.)

4° **Gélatine-agar nutritive.** — On peut mélanger les gelées 2° et 3° en proportions telles que le produit obtenu soit et reste solide à 38-39° C. et liquide entre 42-45° C. au plus : 40 à 50 parties d'agar avec 60 à 50 parties gélatine. Mais on ne réussit pas toujours, nous ne savons trop pourquoi, à obtenir un bon produit; c'est ainsi que nous venons encore de rater, pour la deuxième fois, une fournée d'une vingtaine de cultures par suite de la liquéfaction de nos plaques à basse température : 34 à 35° C., alors que, généralement, nous pouvons les maintenir à 40 sans craindre cet accident; aussi conseillons-nous de préparer la gélatine-agar directement, en faisant dissoudre 50 grammes de gélatine et 2gr5 agar macéré, dans 600 à 700 cc. de bouillon nutritif simplement filtré après une première défécation et opérant la défécation et la filtration comme ci-dessus. On fait chauffer à 105-110° C. pendant une heure au moins, on filtre si c'est nécessaire, puis on distribue dans les fioles coniques préalablement stérilisées (10 cc. environ par fiole), on ferme à la ouate, on chauffe toutes les fioles à 100° au moins, 105 au plus, pendant 10 à 15′ et on conserve pour l'usage. Il est excessivement rare que l'on ait des pertes, toutes les fioles restant indéfiniment stériles.

5° **Pommes de terre cuites** — On prend deux ou trois grosses pommes de terre blanches, grasses, on lave à grande eau pour les débarrasser de la terre, etc., dont elles pourraient être

souillées, puis on les pèle très épais (2 à 3 millimètres environ) et on les découpe en rectangle de 13 à 14 millimètres de côté et de 4 centimètres environ de longueur; chaque morceau est introduit avec quelques centimètres cubes d'eau distillée dans un tube à essai étranglé vers le bas (fig. 352, p. 231), que l'on plonge dans un bain-marie saturé de chlorure de sodium. Après 15 à 20′ d'ébullition on retire le tube, on le ferme à la ouate et on le met de côté sur un support vertical quelconque, jusqu'au moment du besoin. Il va sans dire que l'on doit préparer ainsi un certain nombre de tubes à la fois : 10, 20 ou plus, suivant les prévisions.

6° **Suc de pomme de terre.** — On pèle une demi-douzaine de pommes de terre maigres et de grosseur moyenne, on les rape, on ajoute 20 ou 25 cc. d'eau ordinaire ou distillée, on mêle, on laisse déposer la fécule et les gros grumeaux, on décante le liquide, on le fait bouillir pendant 30 à 40′, on filtre, on fait bouillir de nouveau pendant 15 à 20′, on filtre derechef et on recueille le filtrat dans une fiole d'Erlenmayer que l'on ferme à la ouate et que l'on stérilise de la manière habituelle. Ce suc est employé pour la recherche du bacille typhique.

7° **Bouillon phéniqué I.** — On le prépare au moment de s'en servir ou même d'avance si l'on veut. A 250 cc. de bouillon stérilisé, on ajoute rapidement 10 cc. de suc de pomme de terre également stérilisé et 10 cc. d'une solution à 5 p. c. d'acide phénique cristallisé dissout dans 100 cc. d'eau stérilisée; on ferme immédiatement au moyen d'un bouchon liège étain, on mêle doucement et on conserve pour l'usage. Il est recommandé de coiffer le bouchon avec un morceau de papier parchemin humide que l'on fixe contre le goulot.

8° **Bouillon phéniqué II.** — On procède de même, mais on n'ajoute que 2 cc. de la solution d'acide phénique au lieu de 10.

9° **Lait.** — On en fait bouillir 100 à 150 grammes par exemple, on laisse refroidir, on écrème, on fait bouillir de nouveau pendant 30 à 40′ dans une grande marmite en fer émaillée ou étamée, on filtre dans un ballon ou une fiole quelconques stérilisés, on distribue dans une dizaine ou plus de tubes à essai stérilisés, on ferme à la ouate, on laisse en repos pendant 24 heures et on achève la stérilisation comme d'habitude. Il est cependant préfé-

rable de préparer ce milieu, de même que le suivant, au moment même où l'on doit s'en servir.

10° **Urine.** — On la recueille au moment de l'employer, on l'alcalinise légèrement, on chauffe, on filtre et on distribue dans les tubes ou matras de culture que l'on stérilise complètement vers 105-110° C.; on ferme à la ouate, on laisse refroidir et on ensemence.

V. — Prélèvement des échantillons.

1° **Vases.** — Après de nombreux tâtonnements, nous en sommes revenu, tout comme M. Miquel du reste, aux vulgaires fioles de pharmacie d'une capacité de 50 à 60 cc. et choisies en verre bien blanc et aussi régulières que possible. On les stérilise avec soin, puis on les ferme au moyen d'un bouchon liège-étain, on les coiffe d'un capuchon en papier parchemin humide que l'on serre contre le goulot au moyen d'une ficelle blanche, on les enveloppe dans du papier brouillard et on les conserve dans la boîte à ce destinée ou dans toute autre, à l'abri des poussières de l'air.

2° **Pinces et accessoires.** — On se munit de papier parcheminé, de ficelle blanche, de ciseaux, d'étiquettes gommées, de quelques feuilles de papier blanc, d'une lampe à alcool, d'un morceau de plomb en forme d'anneau très lourd, plus large que le goulot mais plus étroit que le corps du flacon, d'une pince et d'un bâton de cire à cacheter.

3° **Remplissage.** — On déballe les flacons sur les lieux mêmes, on enlève le capuchon, on les plonge successivement en divers points de la masse d'eau, le goulot tourné du côté du courant, on enlève le bouchon sous l'eau et on l'y maintient jusqu'au moment de le remettre en place, c'est-à-dire quand le remplissage est aux deux tiers terminé, les flacons ne devant jamais être remplis complètement.

Il va sans dire que si l'eau coule dans une canalisation, se trouve dans un puits, etc., on procédera différemment suivant les circonstances, mais en ne perdant jamais de vue les deux principes suivants, dont le premier a déjà été mentionné plusieurs fois, savoir :

a) L'eau doit être puisée dans les mêmes conditions et aux mêmes endroits que celle dont on fait journellement usage.

b) On évitera avec le plus grand soin — et c'est la seule restriction au premier principe — l'accès, dans les flacons, des germes ambiants. Ainsi le flacon sera plongé en entier dans le jet d'eau sortant du robinet de la canalisation ou du tuyau de pompe, y débouché et rebouché à l'abri de l'air.

Si l'eau était courante ou stagnante mais inaccessible à la main, on attacherait le flacon par le goulot au bout d'une ficelle suffisamment longue, on le lesterait au moyen de l'anneau en plomb dont il a été question plus haut, on nouerait une ficelle autour du bouchon que l'on desserrerait le plus possible, on la ferait passer dans une chape en plomb au centre de laquelle on aurait percé un trou et que l'on fixerait sur le bouchon par un moyen quelconque, puis on plongerait le tout sous la surface du liquide, on retirerait le bouchon en tirant la ficelle qui y est attachée puis on le remettrait en place avant de retirer le flacon de l'eau, ce que la chape de plomb permet de faire sans trop de difficultés.

Ce mécanisme, excessivement simple et qui peut être confectionné partout, peut remplacer tous les appareils spéciaux, coûteux et compliqués inventés jusqu'ici dans ce but.

A moins de circonstances exceptionnelles, il ne peut être un seul instant admissible que l'on prélève ou fasse prélever les échantillons dans d'autres conditions que celles dont nous parlons : des intéressés seuls peuvent prétendre que l'on doit, par exemple, puiser l'eau dans les réservoirs généraux d'une canalisation et non aux robinets de distribution, sous prétexte qu'elle aurait pu se contaminer dans les conduites. Qu'est-ce que cela peut bien faire aux consommateurs que leur eau soit contaminée ici où là, du moment où ils sont obligés de la prendre justement là où cette contamination existe?!

Il est bien entendu, n'est-ce pas, qu'il s'agit ici de questions d'hygiène locale, nous dirions presque individuelle — devenant souvent, il est vrai, d'intérêt général eu égard au nombre plus ou moins considérable d'intéressés en cause — et non de la détermination des caractères généraux ou spéciaux d'une eau donnée, détermination qu'il peut être nécessaire d'exécuter dans des con-

ditions précises et au sujet de laquelle on doit nécessairement s'inspirer des circonstances.

Il va sans dire également que si une maison était restée inhabitée pendant quelque temps ou si même le robinet ou la pompe ne fonctionnaient pas journellement et régulièrement, si la canalisation intérieure était défectueuse, si des travaux avaient été exécutés récemment dans les réservoirs, puits, etc., si, enfin, on se trouvait au lendemain de forts orages, de pluies abondantes, de grandes chaleurs, de froids rigoureux et prolongés, etc., il y aurait lieu de prendre des précautions spéciales.

4° **Volume d'eau nécessaire.** — Quelques centimètres cubes, quelques gouttes même suffisent pour une analyse bactériologique quantitative, mais il est cependant préférable d'en prendre beaucoup plus, et c'est pourquoi nous conseillons l'usage de fioles de 50 à 60 cc. et le prélèvement de deux ou trois échantillons au moins, soit en divers points de la masse, soit à divers moments de l'écoulement. Dans certains cas même, comme par exemple lorsqu'il s'agit de la recherche des bacilles du typhus ou du choléra, il sera indispensable de prendre 500 à 1000 cc. de liquide et même plus.

5° **Température.** — On doit toujours noter avec le plus grand soin la température de l'eau au moment du puisage.

VI. — Transport et conservation des échantillons.

Il résulte de nombreuses recherches faites un peu partout et depuis plusieurs années déjà, qu'il suffit de conserver un échantillon d'eau à la température ordinaire de nos contrées, surtout en été, pour observer un développement souvent énorme des bactéries, *principalement dans les eaux les plus pures.* C'est ainsi que des eaux qui, au moment du puisage, ne contenaient l'une que 48, l'autre que 71 bactéries par centimètre cube, en hébergeaient respectivement 38,000 et 71.000 après 24 heures en flacons fermés (Miquel). Smith, Leone, Bolton, Frankland, Koch, Roux, etc., etc., en un mot tous les bactériologues, ont constaté des développements analogues et souvent même plus considérables encore.

Or comme il est généralement impossible ou tout au moins

fort difficile de pratiquer les ensemencements sur les lieux mêmes, on a dû se préoccuper des moyens à employer pour entraver le développement des microorganismes pendant le temps qui s'écoule forcément entre le moment du puisage et celui de l'analyse de l'eau.

Après de nombreuses expériences qu'il nous suffit de rappeler ici, M. Miquel, le savant directeur du laboratoire bactériologique de Montsouris, auquel il faut toujours se rapporter lorsqu'il s'agit d'analyses microbiologiques d'eaux potables, a reconnu qu'à la température de la glace fondante les bactéries peuvent se maintenir même pendant plusieurs jours, à un taux à peu près constant; de telle sorte que si on place les flacons dans une glacière on pourra, sans inconvénients sérieux, retarder l'analyse de 24 à 48 heures et même plus.

Tout se réduit donc pour nous à employer la glace le plus commodément et aux moindres frais possible, aussi bien pendant le transport qu'à l'arrivée des échantillons.

Pour y parvenir, nous avons fait construire une petite glacière portative composée de trois boîtes rectangulaires en zinc A, B, C, et de deux couvercles D et E (fig. 347). La première A mesure 30

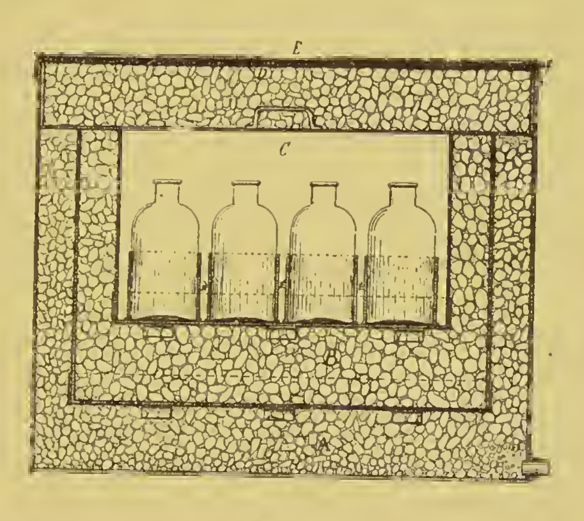


Fig 347.

centimètres en longueur, 16 en largeur et 25 en profondeur; la seconde B dont le fond est percé de petits trous, mesure 20, 10 et 15 centimètres et est encadrée dans un cadre métallique à rebord soudé à 5 centimètres du fond de la boîte A et qui l'immobilise

complètement. L'espace libre entre les beux boîtes est rempli avant le départ de morceaux de glace de la grosseur d'une noix à un petit œuf, mélangés à du son ou à de la sciure de bois. Enfin la boîte C contient quatre manchons cylindriques (*m*) destinés aux flacons employés pour les échantillons; elle est également percée de petits trous au fond et encastrée dans un cadre analogue au premier. Enfin, l'espace libre entre B et C est aussi rempli de fragments de glace aussi petits que possible. Un couvercle creux D dans lequel on met un mélange de glace et de son, est posé sur la boîte B, recouvert de deux ou trois morceaux de gros feutre ou couverture en laine blanche F, puis d'un dernier couvercle en zinc E. Tout étant bien ajusté, on introduit la glacière dans une boîte en bois un peu plus grande, on comble les vides avec du son ou de la sciure fortement tassés, on cloue ou l'on visse — de préférence — le couvercle, on colle l'adresse et on expédie par express et dans le plus bref délai possible, ou bien on prend le colis avec soi dans le train. La vidange de l'eau de fusion de la glace peut se faire par une petite tubulure placée au bas de la boîte A.

Nous avons fait faire, pour les transports d'eaux que nous avons été prélever dans diverses régions de la Belgique et de la France à l'occasion de l'élaboration du présent ouvrage, une sorte de malle ou coffre en chêne verni, fermant à clef et muni d'une poignée en cuivre, dans lequel nous casons outre la glacière ci-dessus, deux flacons de deux litres, quatre ballons de 300 cc., etc., pour le prélèvement des échantillons nécessaires à deux analyses chimiques, microscopiques et batériologiques complètes. Ce nécessaire est facilement transportable à la main.

Dans les pays où il existe encore des octrois, comme en France par exemple, il est nécessaire lorsque l'on n'accompagne pas la boîte, de prévenir le directeur du bureau d'arrivée, qui " prescrit d'habitude de faire apposer sur la caisse le timbre du laboratoire auquel elle est destinée, le timbre de l'expéditeur et la mention expresse du contenu des vases. Il semble puéril d'insister sur ces questions de détail; je dois cependant avertir l'analyste que, s'il néglige de s'en préoccuper, il court la chance de recevoir les échantillons longtemps après la fusion de la glace avec les boîtes ouvertes, parfois cassées, les eaux remplies de sciure, etc.,

c'est-à-dire dans des conditions où les dosages ne peuvent plus avoir aucune signification. „ (Miquel.)

Les précautions relatives à l'emballage et au transport des échantillons dans la glace sont absolument indispensables lorsqu'il s'agit d'analyses bactériologiques *quantitatives*, mais elles deviennent superflues et mêmes dangereuses pour la recherche de certains bacilles, notamment de ceux du typhus et du choléra. Dans ce cas, l'eau (500 à 1000 cc.) sera expédiée dans un flacon semblable à ceux mentionnés page 65, mais stérilisé et rempli avec toutes les précautions précédemment indiquées.

CHAPITRE II.

ANALYSE QUANTITATIVE

I. — Essai préliminaire.

Tous les auteurs estiment, et nous partageons absolument leur manière de voir sous ce rapport, qu'il est indispensable pour obtenir des résultats exacts, de procéder à des essais préliminaires destinés à fixer approximativement la quantité des bactéries qui vivent dans l'eau, surtout lorsqu'on ne connaît pas l'origine de celle-ci.

Mais comme il nous importe peu, au point de vue hygiénique, qu'une eau contienne par exemple, 100 ou 500 microbes par centimètre cube, et qu'il n'est guère possible, à moins d'opérer sans aucun soin ou même en dépit du bon sens, de doser 500 bactéries là où il n'y en a que 50 ou 100, et *vice-versa*, nous sommes parvenus à supprimer ces essais en procédant comme suit à l'analyse quantitative.

II. — Dilution des eaux.

Tout étant disposé à portée de la main - un aide intelligent et docile est presque toujours indispensable — on prélèvera au moyen d'une pipette jaugée de 5 cc., deux fois 5 cc. dans chacun des deux échantillons préalablement agités fortement pendant une minute au moins, et on les introduira dans un ballon jaugé d'un litre, que l'on remplira ensuite jusqu'au trait avec de l'eau stérilisée (1), puis on fermera immédiatement au moyen d'un

(1) *Disons une fois pour toutes et afin d'éviter des répétitions continuelles et lassantes, que tous les appareils et produits : pipettes, ballons, tubes, ouate, bouchons, etc., doivent toujours être stérilisés avec soin, et les diverses manipulations exécutées de manière à éviter le plus possible toute contamination extérieure.*

bouchon liège-étain et on agitera fortement et à plusieurs reprises, pour répartir aussi uniformément que possible les microbes dans la masse liquide.

Une seconde prise de 2 fois 5 cc., faite dans les mêmes conditions que la première, sera introduite dans un ballon de 100 cc., que l'on remplira, fermera et agitera de la même manière. Soit A et B, les deux dilutions ainsi obtenues, l'une au 1/100 (A), l'autre au 1/10 (B).

III. — Préparation des plaques.

On verse dans chacune des 6 fioles (numérotées de I à VI) nécessaires à l'analyse, 10 cc. gélatine agar préalablement liquéfiée vers 50-60° C., et on chauffe pendant 5 à 10′ dans l'étuve à air vers 110° C.; on ferme à la ouate, on laisse refroidir jusque vers 42 à 45° C. au plus puis on introduit, au moyen d'une pipette de 1 cc. divisée en 1/10 de cc.: 1°) du contenu du ballon B, 1/2 cc. dans la fiole n° I et 1/5 dans celle n° II; 2°) du contenu du ballon A, 1/2 cc. dans la fiole III, 1/5 en IV et 1/10 en V; 3°) enfin 1/2 cc. eau *stérile* en VI.

Remarques. *a*) Il faut 3 pipettes : une pour B, une pour A, et une pour l'eau stérile.

b) Le remplissage doit être très rapide et chaque fiole agitée doucement mais avec soin, de manière à mélanger intimement l'eau et la gélatine, puis refroidie à la température ordinaire jusque solidification complète avant d'être portée à l'étuve. Il est indispensable de recourir à l'intervention d'un aide, le premier venu du reste; celui-ci prend la fiole I de la main gauche, enlève du bout des doigts de la main droite le tampon de coton au moment même où l'opérateur est prêt à verser l'eau, puis il le replace immédiatement et passe à la fiole n° II. Lorsque les deux fioles sont préparées l'opérateur effectue le mélange de l'eau et de la gélatine-agar, puis il prépare de même les n°s III à V et, enfin, le n° VI. En opérant de cette manière on évite presque à coup sûr les contaminations extérieures, dont l'importance est du reste mesurée par la culture n° VI, laquelle reste généralement stérile.

Les cuvettes légèrement vaselinées et stérilisées, comme il a été dit page 213, sont légèrement ouvertes par un aide et disposées comme l'indique la figure 348; l'opérateur y introduit, au moyen d'une pipette graduée ou jaugée, 5 cc. de gélatine nutritive liquéfiée vers 30° C., puis le volume d'eau diluée indiqué au

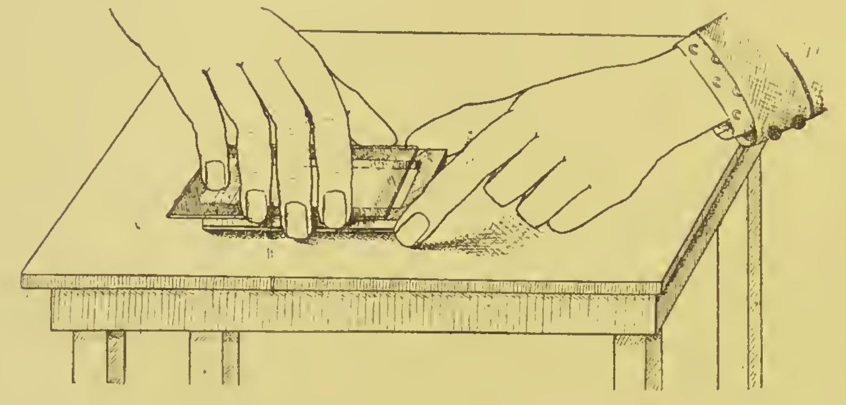


Fig. 348.

litt° 4° ci-dessus; on ferme en glissant le couvercle de gauche à droite puis on incline, doucement et dans tous les sens, la cuvette de manière à bien mélanger l'eau et la gélatine, on fait refroidir au besoin sur une plaque posée sur un vase contenant de la glace et on porte ensuite à l'étuve à 22° C.

IV. — Durée de la culture.

Varie avec la teneur de l'eau en bactéries et aussi avec les espèces de microbes qu'elle contient, la température ambiante, la vitalité des germes, etc. Toutes autres choses égales, elle sera d'autant plus courte que les eaux seront plus riches en germes: d'après Miquel, la moitié au moins des colonies apparaît en cinq jours pleins sur gélatine à la température de 20 à 22° C., et 86 p. c. après le dixième jour. En adoptant notre méthode, c'est-à-dire en effectuant les cultures à 37-38° C. et dans les conditions de milieu et de dilution indiquées, les résultats sont beaucoup plus rapides. *Exemples.* L'eau de la ville de Bruxelles nous a donné, en moyenne, 8 à 12 colonies à la fin du deuxième jour, 10 à 14 le troisième et 12 à 16 du quatrième au quinzième. Une eau de citerne d'Ostende, absolument infecte : un véritable bouil-

lon de culture au point de vue microbiologique, nous a donné, après dilution naturellement, 18 colonies au bout de 24 heures, 24 après trois jours, et 25 jusqu'au dixième. Mêmes résultats avec des eaux de toute provenance et de toute nature : Arlon, Anvers, Spa, Stavelot, Middelkerke, Bruges, Louvain, etc. On peut donc, jusqu'à preuve du contraire, compter les colonies à partir du cinquième jour et les considérer comme étant complètes.

V. — Dosage des colonies.

1° **Numération.** — S'exécute à l'œil nu ou à la loupe et aussi, mais avec les cuvettes seulement, au microscope : objectif de 2 pouces par exemple.

On peut placer sur les cuvettes un cadre de mêmes dimensions, divisé en quatre rectangles égaux, A, B, C, D (fig. 349), et permettant d'éviter plus facilement les erreurs ; avec les fioles, on

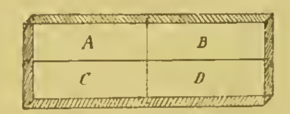


Fig. 349.

peut tracer sur le fond, à l'encre de Chine, deux lignes perpendiculaires limitant quatre triangles égaux. On doit compter les colonies par transparence surtout dans les fioles, que l'on place entre l'œil et la lumière le fond tourné vers l'œil armé ou non de la loupe ; en prenant la précaution d'incliner fortement le vase vers la source lumineuse, on peut ôter le tampon de ouate sans craindre les contaminations par l'air ; du reste celles-ci n'auraient d'inconvénients que si l'on voulait continuer les observations pendant plusieurs jours encore.

2° **Dosage.** — On déduit, s'il y a lieu, du nombre des colonies trouvé pour chaque fiole ou cuvette, celles qui ont pu se développer dans le n° VI et on multiplie la différence par 20 pour le n° I, 50 pour le n° II, 200, 500 ou 1,000 pour les nos III, IV ou V : le produit ainsi obtenu indique le nombre de colonies développées dans un centimètre cube de l'eau analysée. On peut généralement en conclure qu'elle contient une égale quantité de mi-

crobes, mais il peut arriver cependant, surtout si le mélange de gélatine n'a pas été bien fait, qu'une ou plusieurs colonies proviennent de deux et même, quoique beaucoup plus rarement, de trois ou quatre individus; mais la comparaison des résultats obtenus pour chaque plaque suffira pour lever tous les doutes.

VI. — Examen des colonies.

1° **Examen macroscopique.** — L'examen des colonies à l'œil nu et à la loupe, sur fond noir, rouge, jaune ou blanc, à la lumière directe et par transparence peut donner de sérieux renseignements; aussi ne devra-t-on jamais le négliger. Cet examen portera sur la consistance de la gélatine, l'aspect général des colonies, leur couleur, leur forme et leurs dimensions.

2° **Examen microscopique.** — On prélève au centre de la colonie à examiner et au moyen du fil de platine en anse flambé, une parcelle de substance que l'on délaie dans une goutte d'eau ou de solution colorante diluée sur une lame porte-objet flambée; on recouvre immédiatement d'une lamelle flambée, et on examine sous un faible grossissement d'abord puis de plus en plus fort. L'aspect, la forme, les dimensions, la présence ou l'absence de flagella ou cils, le degré de mobilité, etc., seront notés avec soin et les mesures micrométriques effectuées à la manière habituelle. Plusieurs préparations, les unes faites comme nous venons de le dire, les autres après dessiccation ou caléfaction des lamelles sur lesquelles on étale la substance, devront également être soumises à l'examen et traitées par les deux méthodes suivantes :

a) **Kühne.** — On prépare une solution alcaline de bleu de méthylène en ajoutant à 10 cc. par exemple d'une solution aqueuse de carbonate d'ammoniaque à 1 p. c., une solution également aqueuse de bleu de méthylène saturée à froid et récemment filtrée, en proportion telle qu'une goutte de mélange déposée sur un morceau de papier à filtrer blanc, y laisse une tache foncée. Quelques centimètres cubes de bleu de méthylène suffisent généralement, mais il faut noter que tous les bleus du commerce ne se comportent pas de même. Les lamelles qui ont été soumises à la caléfaction sont plongées dans suffisante quantité de cette solution, où elles restent pendant 5 à 10′, puis

lavées à grande eau et plongées pendant quelques secondes dans de l'eau distillée contenant 1 p. c. d'HCl concentré pur, lavées avec soin puis examinées comme il vient d'être dit. On obtient ainsi, et c'est là un point capital pour nous, de très belles préparations des bacilles du typhus et du choléra.

b) **Weigert-Gram.** — On prépare une solution aqueuse saturée à chaud (25 cc. par exemple), de violet de méthyle 6 B ou de violet de gentiane et on y ajoute 1 cc. d'huile d'aniline et 4 à 5 cc. alcool absolu, on plonge les lamelles dans suffisante quantité de cette solution, on laisse réagir de 10 à 15′, on lave à l'eau distillée, on traite par la solution iodo-iodurée de Gram pendant 2 à 3′, on lave de nouveau et on examine. Un grand nombre de bactéries sont décolorées par ce moyen, celles du typhus, par exemple, tandis que d'autres restent colorées.

Les méthodes Kühne et Weigert-Gram suffisent pour toutes les recherches et dans tous les cas; ceux-là seuls qui s'occupent spécialement de bactériologie pourront en employer d'autres, qu'ils trouveront mentionnées dans les ouvrages spéciaux ou qu'ils imagineront eux-mêmes au besoin. Comme nous n'écrivons pas pour eux, nous estimons inutile d'en dire davantage.

3° **Ensemencements divers.** — Chacune des colonies développées sur plaques peut et doit fréquemment être soumise à des cultures spéciales, c'est-à-dire ensemencée dans divers liquides: bouillon, urine, lait, ou inoculée dans la gélatine, l'agar, etc.

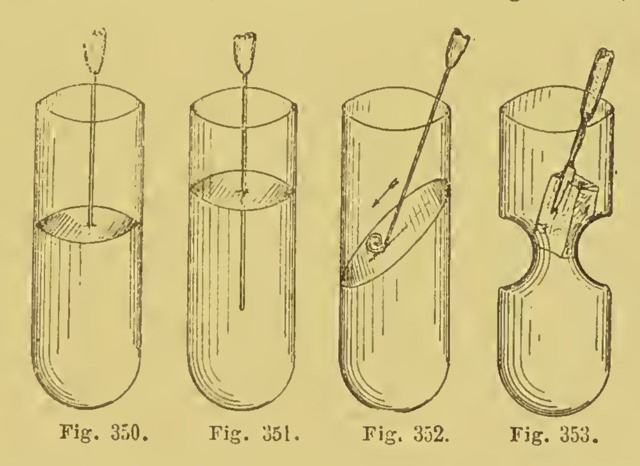


Fig. 350. Fig. 351. Fig. 352. Fig. 353.

Toutes ces cultures se font en tubes à essai ordinaires stérilisés et contenant de 5 à 10 cc. du milieu nutritif; on y délaie avec le plus grand soin une parcelle de la colonie ou bien, lorsqu'il s'agit

d'inoculations, on pique (en surface ou en profondeur) ou on raie, scarifie la surface du milieu solide au moyen du fil de platine simple ou contourné en anse (fig. 350 à 352).

Comme l'ensemencement des tubes de gélatine ou d'agar a toujours lieu après solidification de ces gelées, nous recommandons de tenir ces tubes renversés pendant les inoculations: on évite ainsi l'accès des microbes de l'air. Les tubes contenant du bouillon, du lait, etc., seront tenus aussi obliquement que possible et, les uns comme les autres du reste, fermés à la ouate aussitôt l'opération faite.

Pour les cultures sur pomme de terre, il est préférable de faire usage du fil droit ou et mieux encore, d'un petit scalpel très étroit et flambé (fig. 353).

4° **Réaction de l'indol.** — Kitasato (*Zeits. f. Hyg.*, VII, p. 515) a modifié comme suit le procédé que Salkowski avait imaginé pour l'étude chimique des cultures du bacille du choléra. On ajoute à 10 cc. de bouillon nutritif ensemencé et tenu à l'étuve pendant 24 heures à 37° C., un centimètre cube d'une solution aqueuse de nitrite potassique pur à 0.2 p. m., puis 2 ou 3 gouttes d'acide sulfurique concentré pur; s'il y a de l'indol (ou du scatol?) le bouillon se colore en rose ou en rouge plus ou moins foncés.

VII. — Coloration des cils.

On a voulu baser sur la présence ou l'absence de cils une distinction entre certains bacilles, notamment entre le *Coli commune* et l'*Eberth* (Hueppe). Pris isolément, ce caractère n'a pas plus de valeur que les autres (voir plus loin), mais comme il peut cependant rendre quelque service nous croyons devoir indiquer la marche à suivre pour le déceler. Nous l'empruntons aux *Annales de l'Institut Pasteur* du 25 juillet 1893, où elle a été publiée pages 554 et suivantes sous la signature de MM. Nicolle et Morax; nous ne lui avons fait subir que d'insignifiantes modifications de détail.

a) On prend une petite quantité de culture récente sur gélose et on la délaie avec soin dans quelques gouttes d'eau ordinaire, puis et peu à peu dans une quantité de plus en plus grande de manière à obtenir un liquide à peine trouble et absolument

homogène dont on étale une gouttelette sur une lamelle *fortement flambée* depuis quelques secondes à peine. On incline la lamelle, on absorbe s'il y a lieu l'excès de liquide au moyen d'un fragment de papier à filtrer et on laisse sécher à l'abri de la poussière.

b) On place ensuite sur la lamelle une grosse goutte du mordant ci-contre et on chauffe doucement, pendant 8 à 10 secondes, au-dessus de la veilleuse d'un bec Bunsen ou autrement de manière à *ne pas dépasser la simple apparition de vapeurs* à la surface du liquide; on lave avec soin en projetant l'eau très doucement et au moyen d'une pissette sur la lamelle tenue par un coin à l'aide d'une pince et légèrement inclinée, on essuie la pince et la face inférieure de la lamelle, puis on recommence deux ou trois fois les mêmes opérations, de manière à fixer fortement le mordant que voici :

Tannin à l'éther de toute première qualité 5 grammes, eau distillée 20 cc., solution aqueuse de sulfate ferreux saturée à froid 10 cc., solution saturée de fuchsine dans l'alcool absolu 2 cc. On filtre au bout de deux ou trois jours et on conserve pour l'usage.

c) La préparation mordancée est traitée à chaud (pendant 15″) et à deux reprises par une goutte de fuchsine de Ziehl (fuchsine 1 gr., acide phénique 5 gr., alcool absolu 10 cc., eau distillée stérile 100 cc.), lavée chaque fois à l'eau distillée, puis examinée dans une goutte d'eau. Si la préparation est réussie, on peut la conserver en séchant simplement à une douce chaleur et montant dans une goutte de baume de Canada dissous dans le xylol.

CHAPITRE III

RECHERCHE ET CARACTÉRISATION DES BACILLES DU TYPHUS ET DU CHOLÉRA

I. — Bacille typhique.

1° **Recherche.** — On introduit dans un premier ballon jaugé C (p. 210) 50 cc. de bouillon phéniqué n° I et dans un second, un égal volume de bouillon phéniqué n° II (p. 219), on achève de remplir jusqu'au trait avec l'eau à analyser préalablement agitée avec soin, on ferme à la ouate et on chauffe à 42° C. (cette température ne peut varier que de 2 à 3 dixièmes de degré au plus soit en deçà, soit au delà).

Au bout de 6 à 24 heures, suivant le degré de pollution de l'eau, un trouble ou un louche plus ou moins prononcés apparaissent dans l'un ou l'autre ou encore dans l'un et l'autre ballons, tandis qu'en l'absence du bacille typhique ou de bacilles pseudo-typhiques, les liquides restent limpides ou ne se troublent que beaucoup plus tard. Dans ce dernier cas, on passe outre à d'autres recherches, l'eau analysée pouvant être considérée comme indemne.

Si le premier ballon reste limpide au bout de 24 et surtout de 30 heures, tandis que le second est plus ou moins fortement et rapidement troublé, c'est que l'eau contient peu de bacilles anormaux ou bien n'en contient que de peu résistants. Dans ce cas, on procède comme suit :

a) On verse dans une série de tubes à essai (6 suffisent) 10 cc. de bouillon phéniqué n° I et 1, 2, 3, 4, 5 ou 6 cc. du contenu du ballon n° II, on mêle doucement, on chauffe à 42° C. pendant 6 à 12 heures au plus et on note les résultats. S'ils sont nuls, c'est-à-dire si aucun des tubes ne s'est troublé, on arrête les essais : l'eau est bonne. Si un ou plusieurs tubes se sont troublés, on note leur rang, la nature du trouble : floconneux, voile membraneux

à la surface ou uniforme. Supposons que les n°s 4 à 6 soient seuls dans ce cas et que l'on constate seulement la présence de flocons ou d'un voile superficiel : l'analyse est également terminée; mais si le trouble était uniforme, il faudrait procéder de la manière qui va être indiquée en *b*.

b) Les deux ballons se sont troublés. On vide le second, on y verse 50 cc. de bouillon phéniqué n° I, on ajoute 40 à 50 cc. du contenu du ballon n° 1, on achève de remplir avec de l'eau stérilisée et on chauffe à l'étuve pendant 6 heures à 42° C. Qu'il se soit produit un trouble ou non dans ce nouveau mélange, on en distribue 1, 2, 3, 4, 5, 6 cc. dans une série de six tubes à essai contenant chacun 10 cc. bouillon phéniqué n° I et on chauffe à 42° C. jusqu'à ce qu'il se produise un trouble, mais pas pendant plus de 6 à 12 heures. Supposons que la réaction soit positive et le trouble uniforme (si tous les tubes restaient limpides, on considérerait l'analyse comme terminée et l'eau comme potable au point de vue du bacille typhique). On prend 1/10, 1/4, 1/2 ou 1 cc. (suivant l'intensité du trouble) du contenu de l'un des tubes, le n° 6 de préférence et pour autant qu'il ne contienne pas de flocons ou de membrane superficielle, et on prépare de trois à six plaques cuvettes en procédant comme il a été dit pour la numération des colonies, chauffant de même à 37° C. et examinant fréquemment surtout à partir de la sixième heure.

D'après M. Uffelmann (1), le procédé suivant serait de beaucoup supérieur encore à celui que nous venons de décrire.

Un mélange de 3 parties de bouillon nutritif et de 1 partie de gélatine est additionné d'une solution aqueuse récente d'acide citrique en proportion telle que 10 cc. soient exactement neutralisés par 14 cc. de soude caustique déci-normale. on filtre, on ajoute pour 100 cc. de mélange 10 cc. d'une solution aqueuse de violet de méthyle à 2.5 p.c. (pour faciliter la dissolution du violet, on ajoute un peu d'alcool) et stérilise.

Les bacilles du typhus se développent dans ce bouillon, au bout de 24 heures, sous forme de colonies d'une teinte bleu foncé, c'est-à-dire plus intense que celle du milieu.

Ce procédé peut rendre des services comme moyen de contrôle,

(1) *Berliner Klin. Woch.*, 31 août 1891.

mais il est extrêmement loin d'avoir la valeur que lui attribue son auteur.

En tenant compte des divers caractères et en procédant aux divers ensemencements que nous allons indiquer, on pourra presque toujours émettre un avis ferme, mais nous devons prévenir le lecteur qu'il est *absolument indispensable* de s'entourer de tous les renseignements et même d'avoir recours aux inoculations *in anima vili*, pour pouvoir affirmer nettement la présence ou l'absence du bacille typhique dans l'*échantillon* d'eau examiné. C'est qu'il existe, en effet, une série considérable de bacilles *pseudo-typhiques* (1) ou *similitif* comme disent les bactériologues italiens, dont la ressemblance avec le véritable (?) est tellement grande, tant au point de vue de l'aspect, des dimensions, etc., qu'à celui de l'évolution dans les divers milieux nutritifs, qu'il devient de plus en plus malaisé d'affirmer la présence dans une eau donnée du bacille qu'Eberth, Gaffky, etc., considèrent comme l'agent pathogène de la fièvre typhoïde. Il en est un surtout, le *B. coli commune*, dont la différenciation est extrêmement malaisée même pour les plus savants spécialistes. Or il abonde dans les selles les plus normales et surtout dans les selles des typhiques.

Ceci dit, voici les divers caractères et réactions culturales et autres du B. d'Eberth.

2° **Forme, dimensions et aspect.** — Extrêmement variables suivant les milieux et l'âge des cultures et du bacille (fig. 397 à 399, p. 256) ; se présente généralement sous forme de bâtonnets à extrémités arrondies, isolés ou réunis par 2, 3 ou 4 articles mesurant chacun de 2 à 3 μ de long sur 0.7 à 0.9 de large.

Aspect homogène et hyalin, ou hétérogène et granuleux.

3° **Mobilité.** — Généralement bien prononcée, mais parfois aussi nulle et insignifiante. Cependant ce caractère présente une

(1) Dès 1885, de Héricourt (*Revue d'hygiène*, Paris 1885, pp 6 et 279) signalait la présence dans les eaux les plus pures, même dans l'eau distillée et dans l'air, de bacilles courbes, identiques comme aspect, dimensions, etc., au *B.* d'Eberth et aussi énergiquement aérobies que lui. Depuis, Weichselbaum, Santori, Cassedebat, Thoinot, Gamaleïa, etc., en ont découvert de nouveaux, de telle sorte que l'on en connaît jusqu'ici une vingtaine au moins (l'*Institut de Berlin* en avoue 12).

certaine valeur et permet, sauf quelques cas exceptionnels, de séparer certains pseudo-bacilles de celui d'Eberth.

4° **Coloration.** — Ce bacille se colore faiblement et se décolore très facilement par le Gram. On obtient cependant de belles préparations par la méthode Kühne (p. 230).

5° **Vitalité et développement.** — La résistance du bacille typhique à l'action des agents extérieurs et des réactifs chimiques est très grande et a été mise à profit, comme nous l'avons vu, pour la séparation d'avec la plupart des bactéries ordinaires, mais il n'est pas non plus le seul qui puisse se développer à 42° C. et en présence d'acide phénique ou citrique : le B. coli commune, les 3 pseudo bacilles de Cassedebat, les 4 similitif de Santori, les 4 ou 5 autres de Weichselbaum, le bacille de Thoinot, celui de Metchn. le *Mesent. vulg.*, le *B. subtilis,* le *Streptocoque aq.*, etc., en diffèrent peu ou pas du tout sous ce rapport comme sous tant d'autres.

6° **Spores et cils.** - Les spores, que Gaffky a si bien étudiées et décrites, n'existent pas (Cassedebat, Büchner. etc.). Le cils sont évidents, longs et multiples. La figure 354 les représente

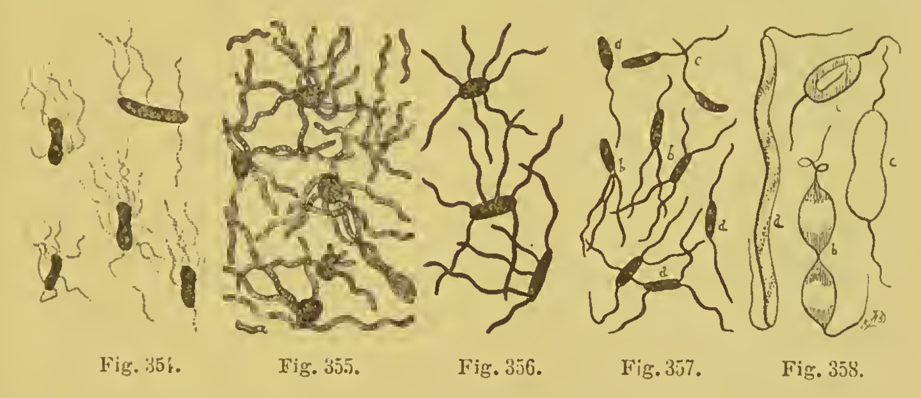


Fig. 354. Fig. 355. Fig. 356. Fig. 357. Fig. 358.

d'après une photographie de M. E. Roux, dessin de M. Chantemesse (*Traité de Médecine.* t. I, p. 711) et la figure 355 d'après une photographie que notre éminent collaborateur et maître, M. le Dr H. Van Heurck, a bien voulu faire pour notre ouvrage; le dessin a été fait sous nos yeux par celui de nos dessinateurs le plus habile, M. l'ingénieur Bertin, de Bruxelles. Le nombre de cils est variable : de 6 à 12, mais aussi fort inconstant, ces appendices étant très fragiles. D'autre part, ceux du colibacille n'en diffèrent guère ni comme aspect ni comme nombre (voir la figure

356 dessinée par M. Bertin d'après une de nos récentes préparations).

7° **Liquéfaction et coloration de la gélatine.** — Le bacille d'Eberth ne liquéfie pas ce substratum, tout au moins dans les limites du temps nécessaire à une analyse même complète : 10 à 15 jours. La teinte des colonies est plus ou moins jaunâtre au centre et d'un bleu irisé sur les bords.

8° **Caractères des cultures sur plaque de gélatine à 21-22° C.** — Au bout de 24 à 36 heures on observe la formation de petits disques arrondis, transparents et à bords nets (fig. 359, d'après une photographie inédite de M. H. Van Heurck). Après 4 à 5 jours, ces disques se sont transformés en amas irréguliers de 3 à 4 millimètres de diamètre, minces, nacrés ou irisés, transparents, légèrement bleuâtres, à bords irréguliers, sinueux ou frangés, présentant parfois de véritables golfes ; la surface, irrégulière aussi, est surélevée au centre, tomentueuse, divisée en secteurs ou zones réfringents, inégaux et inégalement colorés, ce



Fig. 359. Fig. 360. Fig. 361. Fig. 362. Fig. 363.

qui lui donne l'aspect de minuscules " montagnes de glace surbaissées " ou de gouttelettes de gélatine qui se seraient figées immédiatement en tombant l'une sur l'autre d'une assez grande hauteur (Macé), (fig. 360, d'après un dessin de cet auteur). L'aspect des colonies du bacille d'Eberth sur gélatine considéré pendant si longtemps comme tout à fait caractéristique, n'a hélas! plus guère de valeur, plusieurs bacilles pseudo-typhiques et le *coli commune* (fig. 361, d'après une photographie inédite de M. Van Heurck), se développant de la même manière ou sous un aspect si peu différent qu'il est devenu impossible d'établir une distinction sérieuse.

9° **Cultures en tubes de gélatine.** — *En surface :* Pellicule

mince, transparente ou un peu opaque, pouvant s'étendre jusqu'aux parois du tube ou former une culture plus épaisse, localisée aux environs de la piqûre. Conservée pendant 15 à 20 jours, cette culture prend une coloration bronzée avec reflets noirâtres souvent très accentués.

En stries ou en profondeur. — Aspect variable : tantôt une mince couche homogène, bleuâtre, presque transparente, un peu laiteuse, à bords sinueux, ne s'étendant pas ou peu de chaque côté de la strie; tantôt une culture plus épaisse, d'un blanc sale et ce dans des milieux de composition identique (Macé). Suivant M. Thoinot, la strie présenterait un beau reflet bleuâtre. D'après M. Chantemesse, les cultures de colibacille ont la forme d'un clou.

10° **Cultures sur agar en tubes à 37° C.** — Au bout de quelques jours, culture blanche, homogène, assez épaisse, d'aspect crémeux ou un peu nacré.

11° **Cultures sur pomme de terre.** — Varient avec l'espèce de tubercules employés.

Le bacille typhique donne une culture souvent inappréciable à l'œil nu, qui prend parfois l'aspect d'une traînée humide. semblable à celle que pourrait laisser le passage d'une limace (Chantemesse); celle que laisse le colibacille dans certaines circonstances encore mal définies, est brunâtre et parfois à peine apparente G. Roux). Si la pomme de terre est très humide, on distingue souvent sur la tranche, au point d'ensemencement, une légère boursouflure dont l'aspect rappelle assez bien la surface glacée de certains gâteaux.

12° **Cultures en bouillon.** – La réaction est très lente et peu prononcée : il faut parfois plusieurs jours pour observer un trouble léger, avec un très faible dépôt et quelquefois de petits fragments pelliculaires; jamais d'odeur. Après quelques heures passées à l'étuve, le colibacille trouble fortement toute la masse et celle-ci prend, au bout de 2 jours, un aspect moiré par agitation, en même temps qu'elle dégage souvent une odeur infecte.

13° **Cultures dans le lait.** — Développement abondant *mais pas de coagulation*. MM. Chantemesse et Widal insistent vivement sur ce caractère, le colibacille coagulant le lait au bout

de 48 heures à 37° C. Certains bacilles pseudo-typhiques se comportent comme le *bacille d'Eberth*, d'autres comme le *B. coli*.

14° **Cultures sur gélose lactosée.** – La préparation de ce milieu est trop délicate, du moins jusqu'ici, pour que nous en parlions autrement que pour le signaler. Nous en dirons autant des cultures sur milieux colorés dont les résultats sont trop incertains pour être décrits dans un ouvrage analogue à celui-ci.

16° **Réaction de l'indol.** — Est négative, mais beaucoup d'autres ressemblent à l'Eberth sous ce rapport.

II. — Bacille du choléra asiatique.

(Syn. *Bacille virgule ou komma bacillus, spirillum choleræ Koch.*)

1° **Recherche.** — Voici comment le célèbre bactériologue de Berlin a résumé tout récemment (1) la marche à suivre pour déceler dans l'eau la présence de ce bacille.

On remplit presque complètement d'eau à analyser un ballon de 100 à 110 cc. préalablement stérilisé avec soin, on y fait dissoudre 1 gramme de peptone et un gramme de chlorure de sodium, on agite doucement, on ferme à la ouate et on chauffe à 37-38° C. Au bout de 15 à 24 heures, suivant le degré de contamination, on trouve à la *surface* du liquide une quantité plus ou moins considérable de bacilles courbes avec lesquels on prépare, comme suit, des plaques de gélatine et des plaques d'agar.

Plaques de gélatine. — On mêle 15 cc. de gélatine avec 5 cc. de bouillon nutritif et 1, 2, 3, 4 ou 5 cc. du liquide ci-dessus (suivant sa teneur en bacilles suspects décelée par un examen microscopique succinct), on mélange bien et on verse dans 3 ou 4 plaques-cuvettes posées sur une surface froide, on ferme, on laisse solidifier nettement, puis on chauffe à 22° C. (cette température ne doit jamais varier de plus de 1/2° C. en plus ou en moins). Lorsque la gélatine est bien préparée, les colonies revêtent souvent en moins d'un jour, 20 à 30 heures au maximum, leur aspect caractéristique (litt. 6°, p. 243).

Plaques d'agar. — *En même temps* que les plaques de gélatine,

(1) *Zeits. f. Hyg. u. Inf.* XIV, 2, d'après la *Sem. Médicale* de Paris, mai 1893, p. 265.

on ensemence deux ou trois fioles d'agar en rayant la *surface* du substratum au moyen de l'*ôse* en platine (fig. 351, p. 231), on ferme et on chauffe à 37° C. Au bout de 8 à 16 heures, on observera des colonies de dimensions moyennes, transparentes et d'une couleur gris brunâtre claire particulière, surtout bien distinctes lorsque la pollution est prononcée.

Toute colonie de cette nature devra être examinée au microscope et lorsqu'elle sera constituée par des bacilles recourbés, ensemencée ensuite dans de nouvelles cultures pour servir à la réaction de l'indol, ainsi qu'aux expériences sur les animaux, *absolument indispensables* lorsqu'il s'agit de l'examen de l'eau. Tous les bacilles d'aspect chólériforme qui peuvent se rencontrer dans ce liquide, se distinguent nettement, dit Koch, par ces deux réactions, l'une chimique, l'autre physiologique, des vrais bacilles du choléra, les cultures des premiers ne se colorant jamais en rouge (indol) et n'exerçant pas d'action toxique sur les cobayes. Or, le bacille du choléra ne donne pas toujours cette réaction, tandis que bon nombre d'autres (voir litt. 10° ci-après) se comportent, sous ce rapport, comme les bacilles Koch les plus parfaits; enfin les vibrions Metchinikoff et Sanarelli sont peut-être plus toxiques encore pour les cobayes que le bacille du choléra asiatique.

Le procédé que nous venons de décrire était à peine connu, qu'un bactériologue de l'Institut Pasteur, M. le Dr Sanarelli, en démontrait le peu de valeur. D'après cet auteur, 32 vibrions saprophytiques ordinaires trouvés par lui dans les eaux de Paris et morphologiquement identiques à celui de Koch, se comportent de même en culture peptonisée, donnent comme lui et même mieux et plus que lui la réaction de l'indol. Parmi ces vibrions, plusieurs donnent, soit sur plaques soit en tubes de gélatine, des cultures absolument identiques à celles du *B. choleræ;* enfin, quatre au moins d'entre eux possèdent une virulence égale et même supérieure !

Ajoutons que M. Sanarelli conseille pour la recherche des vibrions de l'eau le milieu de culture suivant, un peu différent de celui indiqué par Koch, savoir : gélatine, 20 grammes, peptone sèche, 10 grammes, chlorure sodique, 10 grammes, nitrate potassique, 1 gramme, eau 200 grammes. 4 ou 8 cc. de ce mé-

lange sont ajoutés à 100 ou 200 cc. d'eau à analyser, et le tout est maintenu pendant 12 heures à l'étuve à 37° C.; on prélève alors, au moyen de l'ôse en platine, une trace de la pellicule qui s'est formée à la surface du liquide, on délaie dans quelques centimètres cubes d'eau stérilisée et on ensemence sur plaque de gélatine. On peut aussi, comme nous le faisons pour le bacille du typhus, effectuer plusieurs passages en ballon en procédant comme la première fois, mais en remplaçant naturellement l'eau ordinaire par l'eau stérilisée et puisant chaque fois la semence à la surface du liquide à inoculer; on élimine ainsi de plus en plus complètement les autres microorganismes de l'eau, moins avides d'air que les vibrions.

D'après M. Sanarelli, une grande richesse en albuminoïde serait un obstacle quelquefois insurmontable au développement des vibrions de l'eau.

2° **Forme, dimensions, aspect.** — Courts bâtonnets de 1.5 à 3 μ de long sur 0.4 à 0.6 de large. La dénomination de bacille virgule qui leur a été donnée, est trop significative par elle-même pour qu'il soit nécessaire d'entrer dans des détails à ce sujet, mais ce serait une erreur de croire que cette forme est aussi caractéristique et aussi frappante qu'on a bien voulu le dire; il n'est pas rare, au contraire, de rencontrer des bacilles droits ou à courbure si peu prononcée qu'il faut être prévenu et les examiner sous de très forts grossissements et... avec des idées préconçues, pour les voir. Les figures 376, 377, p. 248; 391 et 392, p.256, représentent une série de bacilles dessinés soit d'après nos préparations, soit d'après divers auteurs; on verra qu'ils peuvent varier considérablement d'aspect suivant les milieux et les circonstances.

3° **Coloration.** — Se colore facilement par le violet de méthyle 6 B, le bleu de méthylène, etc., et se décolore tout aussi facilement par le Gram.

4° **Mobilité.** — Très grande surtout entre 30 et 35° C. Les mouvements sont multiples : de progression, d'oscillation et de reptation; ils cessent à partir de 16° C.

« Lorsque, dit Koch, un certain nombre de bacilles se sont amassés vers le bord du couvre-objet, en serpentant les uns à travers les autres, il semble qu'on voit danser un essaim de mou-

ches hors duquel viennent émerger des fils contournés en pas de vis et animés également d'une agitation très vive. „

4° **Spores et cils.** — D'après Hueppe, il se formerait, principalement entre 22 et 27° C., des arthrospores sphériques, immobiles, germant directement en un bâtonnet courbé. Les cils ont été vus pour la première fois en 1886 par M. E. M. Nelson, de Londres, qui les a dessinés et montrés à la *Société royale de microscopie* de Londres et à plusieurs observateurs. Ils sont visibles même sans coloration et sur les plus petits éléments : question d'éclairage et de médium. Depuis, ils ont été retrouvés par divers auteurs, mais seulement sur des préparations colorées.

La figure 357 représente diverses variétés de bacilles du choléra ciliés, d'après les dessins de MM. Nicolle et Morax; on voit en *d* un vibrion de Sanarelli trouvé dans l'eau de la Seine à Courbevoie, en dehors de toute épidémie ou de tous cas isolés de choléra.

5° **Vitalité et développement.** — Très faibles. Une température de 50-55° C. suffit pour le tuer. Il résiste très peu aux antiseptiques et disparaît même au bout de quelques heures dans un bouillon de touraillon d'orge à 10 p. c. (G. Roux). Les bactéries de la putréfaction, les eaux pures, etc., lui seraient également fort nuisibles, mais les observateurs ne sont guère d'accord à ce sujet. Le bacille de Koch est très avide d'oxygène et se rencontre surtout à la surface des eaux et des bouillons,etc., de culture.

6° **Cultures sur plaques de gélatine.** — Nous représentons fig. 364-367 l'aspect des colonies à divers âges, d'après

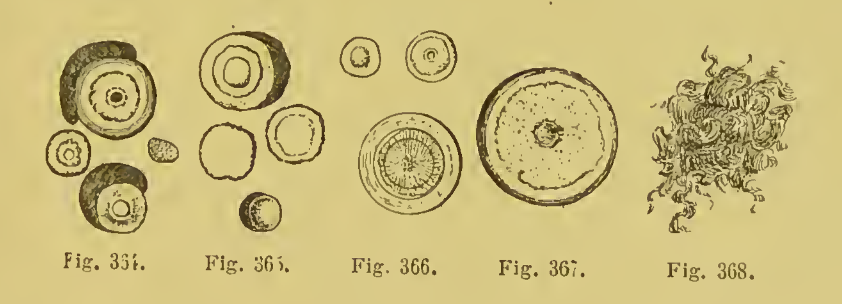


Fig. 364. Fig. 365. Fig. 366. Fig. 367. Fig. 368.

Cornil et Babès. Voici la description qu'en donne M. G. Roux. “ En 24 heures, à 18-20° C., elles ne sont représentées encore que par des petits points blanchâtres, dont les superficiels sont un

peu plus gros que ceux enfouis dans la gélatine; examinés à un faible grossissement, ces points apparaissent comme de petits disques granuleux, presque transparents, à bords un peu sinueux, ayant assez l'aspect de lencocytes (Van Ermengen); leur apparence granuleuse s'accentue le jour suivant et la colonie rappelle à ce moment une agglomération de petites perles de verre. Vers le troisième jour, les bords deviennent dentelés et moins nettement limités; en même temps commence la liquéfaction de la gélatine qui affecte la forme d'une capsule au fond de laquelle s'enfonce la colonie. Au quatrième jour, celle-ci présente un noyau central légèrement jaunâtre et à bords déchiquetés; tout autour se trouve une zone annulaire de gélatine liquéfiée dont le liquide est trouble, jaunâtre et exhale une odeur rappelant celle de l'urine de souris „.

A lire ce qui précède, il semblerait que l'on ne puisse avoir le moindre doute sur la présence ou l'absence du bacille de Koch dans une culture sur plaque. Les détails sont si précis, à tel point circonstanciés, qu'ils apparaissent comme nettement caractéristiques. Malheureusement, il en est de ce bacille comme de bien d'autres : ce n'est que par un ensemble de réactions variées que l'on peut se prononcer avec quelque chance de succès sur son existence ou son absence dans une eau donnée, certitude que chaque recherche nouvelle éloigne davantage encore. C'est ainsi que Metchnikoff termine un récent mémoire sur le choléra et les vibrions (*Ann. de l'Inst. Pasteur*, 25 juillet 1893, p. 562) par cette conclusion, que nous soulignons avec lui :

“ *Dans l'état actuel de la bactériologie, les vibrions ne se présentent pas comme des espèces bonnes et définies, mais forment un groupe de formes très variable et bigarré, dans lequel il est souvent très difficile de s'orienter.* „

C'était aussi et c'est sans doute encore l'opinion de Cornil et Babès (*les Bactéries,* 3e édition), de Héricourt (*loc. cit.*), de Deneke (*Deuts. Med. Woch*, 1885, n° 3), de Gamaleïa (C. R. Ac. des Sc., 1893), de Vogler (*Deuts. Med. Woch.*, 31 août 1893) et de bien d'autres encore.

7° **Cultures en tubes de gélatine.** — Au bout de deux jours, on observe une masse grise, transparente, à surface excavée, granuleuse, conique, à sommet dirigé vers le fond du tube

où il s'enfonce dans la gélatine par un prolongement blanchâtre. La gélatine située en-dessous de la piqûre reste longtemps solide, une semaine au moins. A la surface, la gélatine est rétractée sous forme d'une bulle d'air sus-jacente à la colonie (fig. 384, p. 254; 400 et 401, p. 257).

Cornil et Babès, auxquels nous empruntons ces lignes, font remarquer que la gélatine doit être très concentrée : 10 p. c. au moins, sinon la liquéfaction marche plus rapidement et se produit, comme avec beaucoup d'autres microbes, sous la forme d'un sac, phénomène qui apparaît également si la température est trop élevée.

D'après ces auteurs, la culture en piqûre serait caractéristique. Thoinot et Masselin ajoutent qu'il n'existe actuellement (mars 1889) aucun microbe liquéfiant la gélatine sous cet aspect particulier. Complétons ces indications en ajoutant à notre tour que 1893 est malheureusement très loin de 1889 sous ce rapport!

8° **Cultures sur gélose en tubes.** — Il se développe en 24 heures à 37° C. une bande saillante, blanchâtre, transparente, bien limitée, tandis que le milieu devient laiteux sous la strie (Cornil et Babès).

Le *Sp. tyrogenum* et plusieurs autres encore se comportent de même ou à peu près.

9° **Cultures sur pommes de terre et en bouillon.**—Ne présentent rien de spécial pour nous. Signalons seulement le parti que les spécialistes peuvent tirer de ce fait que le bouillon dans lequel le bacille de Koch s'est développé, est devenu impropre à la culture de presque toutes les autres bactéries. Il est vrai qu'il n'est pas le seul. Ainsi, on connaît au moins douze espèces de bacilles ou de coccus qui entravent plus ou moins complètement l'évolution du bacille typhique.

10° **Réaction de l'indol.** — Est positive et très nette, mais nullement caractéristique, à beaucoup près même : on connaît jusqu'ici au moins 30 à 40 bacilles et coccus qui la produisent également et souvent avec une intensité beaucoup plus forte que le bouillon de Koch.

11° **Réaction de Bujwid.** — Elle s'obtient en ajoutant 5 à 10 p. c. d'HCl pur dans le bouillon de culture. Après quelques

minutes, on observe une coloration violette qui augmente peu à peu et persiste pendant plusieurs jours. D'après cet auteur, elle ne se produirait que dans les bouillons vieux de 10 à 12 jours, mais dans les cultures sur gélatine elle se manifesterait déjà au bout de 24 heures (*Zeits. f. Hyg.*, 1887, p. 52). Cette réaction est aussi peu caractéristique que la précédente.

CHAPITRE IV

DESCRIPTION SUCCINCTE DES PRINCIPAUX MICROBES DES EAUX DOUCES

I. — Généralités.

Depuis la création, du reste de date assez récente, de laboratoires de bactériologie ou de microbiologie — ces deux expressions sont devenues, à tort selon nous, synonymes et employées indifféremment l'une pour l'autre — dans les universités, facultés ou écoles de tous les pays du monde, laboratoires dont la direction a été confiée à des savants pour la plupart de grand mérite et dont plusieurs même sont des maîtres, l'étude des microbes a pris une extension telle, les matériaux et les observations se sont accumulés dans des proportions si considérables que le domaine de la microbiologie est devenu un véritable labyrinthe, à l'inextricabilité des voies duquel de nombreux Dédale continuent, en outre, à travailler journellement.

C'est ainsi, notamment, qu'en ce qui concerne la faune ou la flore — l'un et l'autre se dit ou se disent — bactériologique des eaux douces, les auteurs ne signalaient, il y a trois ou quatre lustres à peine, qu'une bonne douzaine d'espèces tout au plus, tandis qu'en 1888 Macé en décrivait déjà une cinquantaine (*Traité de bactériologie*, 1re édition), chiffre qui s'élève, dans le *Précis d'analyse microbiologique* de G. Roux (octobre 1891), à 180 et dépasse aujourd'hui (1er janvier 1894) 225! (1)

Fort heureusement que nous ne sommes pas obligé de les décrire ni même de les nommer tous, le plus grand nombre d'entre eux ne se rencontrant qu'accidentellement; nous nous bornerons donc à signaler, outre leurs caractères généraux, quelques-uns de ceux appartenant plus particulièrement aux micro-

(1) M. Miquel dit même qu'il en connaît *plusieurs milliers !!* (*loc. cit.*, p. 90).

organismes que l'on rencontre le plus habituellement dans les eaux potables; pour le surplus, nous renverrons aux ouvrages ci-dessus mentionnés, ainsi qu'au volumineux et important traité de Cornil et Babès sur *les Bactéries*, 3e édition, Paris 1890, 2 forts volumes grand in-8°.

1° **Forme et aspect.** — La forme varie considérablement suivant les milieux et les circonstances; cependant on peut généralement considérer, pour les éléments isolés, trois formes typiques : sphérique ou ovoïde (*coccus,* fig. 369), cylindrique ou rectangulaire plus ou moins régulière *(bacilles)* et *spiraliforme* plus ou moins prononcée.



Fig. 369. 370. Fig. 371. Fig. 372. 373. Fig. 374. Fig. 375. Fig. 376. Fig. 377

Ces formes, les deux premières surtout, peuvent se présenter en outre sous des aspects divers : chapelet (fig. 370), tétrades (fig. 373), amas gélatineux, etc. (fig. 374), auxquels on donne, tout au moins pour les coccus, les dénominations spéciales de: *streptocoque*, *staphylocoque*, *sarcine*, *zooglée ;* les *bacilles* s'articulent ou s'accolent fréquemment en forme de filaments plus ou moins longs ou se réunissent en amas d'aspect zoogléique (fig. 395, pp. 256 et 408, p. 257). Les microbes sont constitués par du protoplasma et sont limités par une membrane enveloppante parfois assez épaisse et même double; enfin, ils sont toujours dépourvus de noyau. La masse fondamentale des zooglées est ou bien de nature protéique et se colore en jaune brun par l'iode, ou bien de nature cellulosique (*Leuconostoc,* par exemple) et prend une teinte bleue sous l'action de l'iode.

2° **Dimensions.** — Non moins variables que la forme. Les coccus mesurent généralement 1 à 2 μ, les bacilles 2 à 5, les spirilles 5 à 20, mais il en est dont le diamètre est inférieur à 0 μ 5 et

dont la longueur peut atteindre *deux dixièmes* de millimètre, tel le *Sp. plicatile*, par exemple.

3° **Cils ou flagella.** — La question de savoir si tous les microbes sont ou non pourvus de ces appendices est loin d'être résolue; cependant les espèces ciliées actuellement connues sont déjà assez nombreuses, grâce à une technique plus perfectionnée et surtout moins délicate que celle qui avait été tout d'abord suivie. Aussi n'est-il pas impossible que l'on parvienne ultérieurement à classer les microbes d'après le nombre, la forme, la longueur et la situation des cils; en attendant, nous devons nous borner à mentionner les espèces chez lesquelles on a reconnu jusque maintenant la présence de flagella : ce sont les bacilles du choléra asiatique (fig. 357, *a, b, c*) et du choléra nostras, ceux de la fièvre typhoïde (fig. 354 et 355) et du lait bleu; les B. asiaticus, coli commune (fig. 356), megaterium, mesantericus subtilis (fig. 358, *c*, p. 237), vulgatus, mirabilis, termo (fig. 358, *b*) et vulgaris; ceux découverts récemment dans l'eau de Seine, à Paris, par Blachstein et Sanarelli (fig. 357, *d*), celui de Deneke et plusieurs espèces de Spirille, notamment le *B. rugula* Müll (fig. 358, *a*).

Les cils peuvent être placés irrégulièrement, sans ordre, sur toute la surface du corps (*S. typhosus* ou *S. coli commune*) ou aux deux extrémités (pôles), comme le S. du choléra, par exemple, ou à un pôle seulement. Certains sont monoflagellés, d'autres portent deux ou plusieurs cils : 6, 8, 10, 12 même.

4° **Cultures sur gélatine en plaques ou en tubes.** — L'aspect général des colonies, leurs formes et leurs dimensions constituent fréquemment d'excellents caractères de diagnose; aussi doit-on toujours les noter avec soin. Certaines espèces donnent des cultures de forme ronde, ovale, cylindrique, conique, polyédrique, d'aspect lisse, clair ou voilé, chagriné, craquelé, mamelonné, convexe ou concave, à contours réguliers ou déchiquetés, rayonnés, etc.

La *teinte* de ces colonies est également très variable : opalescente, d'un blanc plus ou moins terne, grisâtre ou brillant, jaunâtre, verdâtre ou brunâtre, parfois même rouge, verte ou brune très intense (bactéries chromogènes).

Enfin la *liquéfaction* plus ou moins rapide ou tardive de la gélatine a également une très sérieuse importance au point de vue

du diagnostic des éléments (1), surtout si on l'observe dans les limites du temps nécessaire à une analyse courante : 8 jours par exemple. Mais il ne faut pas perdre de vue qu'il s'agit ici de la gélatine et par suite de cultures faites à 20-22° C. au plus; avec la gélatine agar, les phénomènes semblent être, d'après ce que nous avons pu observer jusqu'ici, *très différents*. La température joue en outre un très grand rôle, certaines espèces qui à 22° liquéfient rapidement et fortement la gélatine, mettent souvent plusieurs jours entre 16 et 18° C.

L'aspect du phénomène doit également être noté : ici, ce sont de larges plaques s'étendant peu en profondeur, là des creux de forme et de dimensions variables. Une des formes les plus fréquentes, est celle dite en entonnoir.

Nous réunissons dans le tableau ci-après les principaux microbes des eaux potables, que nous classons d'après leur forme et leurs dimensions, puis d'après la coloration des cultures et la liquéfaction de la gélatine; ce tableau,qui rendra certainement de sérieux services au commençant, comprend également quelques coccus fréquents dans l'air et que l'on doit s'attendre à trouver assez souvent sur les plaques, surtout lorsqu'elles n'ont pas été préparées avec tous les soins voulus.

5° **Fermentation et coagulation.** — La propriété de faire fermenter certains sucres et notamment la lactose et celle de coaguler le lait, sont des caractères non moins importants que ceux dont nous venons de parler; leur existence ou leur absence permettent de distinguer sûrement certaines espèces d'autres quasi identiques ou même paraissant telles sous tous les rapports : exemple : *B. coli commune* et *typhosus*.

II. — Caractères spéciaux.

Nous ne nous occuperons ici que de la description succincte des cultures sur plaques de gélatine présentant des caractères spéciaux et de la fréquence avec laquelle on rencontre les principaux microbes des eaux potables. Nous suivrons l'ordre général

(1) Par contre elle est, prise dans son ensemble, sans valeur au point de vue hygiénique, les plus vulgaires saprophytes liquéfiant énergiquement et rapidement la gélatine, alors que les espèces considérées comme pathogènes ne modifient pas la consistance du substratum.

	ÉLÉMENTS	LIQUÉFACTION	COLORATION DES COLONIES	OBSERVATIONS
COCCUS	Aquatilis	nulle	blanc brillant	
	Candicans	»	»	
	Cinnabareus	»	brun rouge cinabre	
	Roseus	»	rosée	
	Versicolor	»	vert jaunâtre	
	Lutea	très lente	jaune citron	
	Pyogenes aureus	lente (à partir du 5e j.)	brun jaune clair	
	Flavus liquefaciens	forte et rapide	jaune	
	Prodigiosus	très rapide (en moins de 12 h.)	rose ou rouge	
BACILLUS	Aquatilis de Cassedebat	nulle	blanchâtre	
	» Weichselbaum	»	jaunâtre	
	Coli commune	»	grisâtre	
	Erythrosporus	»	blanchâtre	
	Fluorescens putidus	»	verte	
	Typhosus	»	grisâtre	
	Viridis	»	rose	La gélatine environnante est d'un vert pâle.
	Zopfii	»	blanchâtre	
	Anthracis	lente	grisâtre	
	Flavus	»	jaune brunâtre	liquéf. parfois assez rapide
	Mesentericus ruber	» (8 jours)	jaunâtre ou rougeâtre	
	Mycoïdes	assez rapide	blanchâtre	
	Aquatilis citreus	rapide	jaune citron	
	» viridis	»	jaune	gélatine verte
	Asiaticus	»		
	Copregenus viridis	»	verdâtre	Fluorescence diffuse, vert clair ou jaune verdâtre.
	Fluorescens liquefaciens	très rapide	brune	
	Liquidus	rapide	blanchâtre	
	Mesentericus vulgatus	très rapide	»	
	Subtilis	rapide	»	
	Termo	»	»	
	Violaceus	»	jaunâtre	
	Vulgaris	très rapide	brun jaune	
SPIRILLUM	Choleræ	peu rapide	jaunâtre	
	Rubrum	nulle	rose pâle	
	Rugula	peu rapide	jaunâtre	

adopté pour le tableau ci-contre et, au point de vue secondaire, l'ordre alphabétique.

A. — Coccus.

1° **Micrococcus aquatilis** Bolton. — Colonies circulaires, aplaties, porcelainées à contours nets; le centre présente l'aspect spécial, bien connu, d'un acinus ou lobule hépatique, avec cette différence toutefois que la zone périphérique au lieu d'être diffuse, mal limitée ou même pas limitée du tout, est assez dense, homogène et à contours foncés (fig. 363 *c*.) Il est très fréquent dans les eaux, même dans les plus pures, mais surtout dans les eaux stagnantes. Nous avons fait dessiner les figures 362 et 363 d'après une culture provenant d'eau de la ville de Bruxelles.

2° **M. candicans** Flügge. — Moins fréquent dans l'eau que le précédent, mais très répandu dans l'air.

Colonies sous forme de disques aplatis, à contours sinueux, d'un blanc laiteux pur et lisses comme des gouttes de laque. Celles qui se développent au fond de la gélatine sont d'un brun noir foncé (G. Roux).

3° **M. roseus** Flügge. — Surtout commun dans l'air. Les colonies apparaissent sous forme de petits boutons rosés, souvent mamelonnés au centre, pouvant atteindre de 1 à 3 millimètres de large (fig. 363 *b*, p. 238).

4° **M. pyogenes aureus** (fig. 369 à 371). — Se présente sous tous les aspects figurés ci-contre et même en zooglées. Sur plaques, colonies discoïdes, à contenu granuleux et contours très nets, dégageant une odeur aigre, très pénétrante et fort désagréable. Au bout du quatrième ou cinquième jour, la gélatine se liquéfie tout autour de la colonie sous forme d'un large creux grisâtre ou jaunâtre. Les figures 378 à 379 représentent l'aspect des cultures en tube. Le *M. prodigiosus* est un habitant accidentel de l'eau, mais on le trouve souvent dans l'air.

5° **M. flavus liquefaciens** Flügge. — Les colonies ont un centre opaque et une zone annulaire extérieure formés de microcoques; des tractus déliés relient l'anneau au centre et donnent à la colonie l'aspect d'une roue de voiture. Commun dans l'air et dans l'eau.

6° **M. prodigiosus** Ehr. — Colonies discoïdes s'enfonçant dans le substratum en se colorant en rose puis en rouge (fig. 363 *a*) et s'entourant bientôt d'un anneau de gélatine liquéfiée. En piqûre sur gélatine en tube, entonnoir rose déjà très prononcé au bout de 2 jours.

7° **M. tetragenus** Gaffky. — N'a pas encore été, que nous sachions du moins, signalé dans l'eau où nous croyons l'avoir rencontré cet été (fig. 373). Nous n'avons malheureusement pas eu le temps de faire des cultures en tubes, mais son aspect assez caractéristique nous permet d'autant mieux de le rapporter à l'espèce trouvée par Gaffky, Koch, Biondi, etc., dans les crachats des phtisiques, que ses colonies sur plaque de gélatine étaient tout à fait semblables : aspect porcelainé, blanc brillant, convexe et contours très nets (fig. 362 *d*).

8° **M. ureæ** Van Tiegh. — Colonies discoïdes, plates, ressemblant à des gouttes de stéarine tombées sur la gelée.

B. — Bacillus.

1° **Bacillus anthracis** Dav. — Miquel dit l'avoir vainement cherché dans les eaux de Paris, même dans celle de la Bièvre, infect ruisseau dans lequel se déversent les eaux et les détritus de plusieurs tanneries situées dans le quartier du Jardin des Plantes à Paris; cependant M. Poincarré dit l'avoir rencontré dans l'eau de certaines prairies (C. R. de l'Ac. des Sc., 1880, t.91, p.179), et le Dr Diatroptoff, directeur de la station bactériologique d'Odessa, a signalé sa présence dans l'eau d'une mare qui avait provoqué une épidémie de fièvre charbonneuse dans un troupeau de moutons auquel elle servait d'abreuvoir. L'eau n'en contenait pas, mais comme la mare était peu profonde il arrivait que les derniers individus du troupeau remuaient la vase en buvant et étaient atteints par le virus. MM. Miquel et Roux recommandent de prendre de très minutieuses précautions pour cultiver ce bacille à l'abri de l'air, l'oxygène le tuant rapidement. Nous reproduisons ci-après (fig. 380-382), l'aspect des cultures en tubes, les seules que l'on puisse employer paraît-il (ne l'ayant pas encore rencontré, nous sommes obligé d'en parler par ouï-dire); la première est jeune, la deuxième plus âgée et la troisième

en partie liquéfiée (d'après Macé). Nous figurons à côté (fig. 383) l'aspect d'une colonie du bacille B, trouvé par M. de Malpert-Neuville, au fond d'un réservoir d'eau de Wiesbaden. Le *B. anthracis* ne semble pas être un anaérobie aussi parfait que semblent le dire certains auteurs, car les colonies sur plaques (fig. 368 et 385) sont des mieux caractérisées.

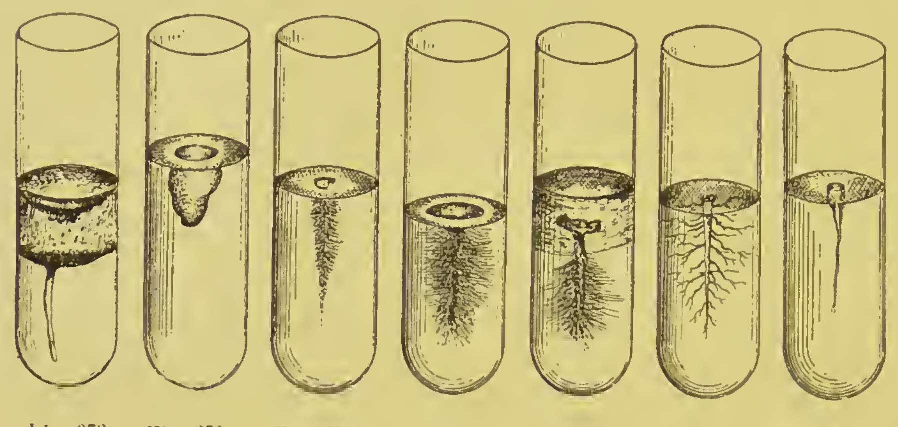


Fig. 378. Fig. 379. Fig. 380. Fig. 381. Fig 382. Fig. 383. Fig. 384.

2° **B. arborescens** Frankl. — Les colonies ont l'aspect d'une gerbe de blé qui, vue au microscope, montre un faisceau irisé, étranglé dans son milieu et radiairement strié aux extrémités.

3° **B. asiaticus** Sakh. — Découvert récemment par M. Sakharoff, de Tiflis, dans les selles d'un malade atteint de choléra asiatique (*Ann. Pasteur*, 25 juillet 1893, p. 550). C'est un grand bacille de 4 μ et plus de long sur 1 μ de large, à bouts arrondis, formant quelquefois de longs fils et des chaînes. Les cultures sur plaques donnent des colonies circulaires ou ovales, jaunâtres, à contour granuleux, d'où sortent plusieurs jets minces, irrégulièrement disposés sur *gélose* et *pomme de terre*, colonies membraneuses, parfois jaunâtres et à bords ondulés. En *tube de gélatine*, liquéfaction rapide sous forme d'entonnoir couvert par une membrane blanchâtre et présentant souvent, autour du fond, des jets minces qui rappellent ceux des cultures du *B. anthracis.* Des spores grandes, ovales, à teinte verdâtre, ont été observées dans la membrane développée à la surface du bouillon, au-dessus de 20° C.

4° **B. fluorescens liquefaciens** Flügge. — Très fréquent

dans l'eau et même dans la glace. Colonies rondes, à centre brun déprimé et finement granulé, à bords festonnés et contour net.

5° **B. fluores. putidus.** – Les cultures, qui ressemblent beaucoup à celles du bacille typhique, dégagent une odeur forte, urineuse. Il a été trouvé dans la glace et dans la neige par Bujwid.

6° **B. lineola** Warming. — Cellules de 3μ8 à 5μ2 de longueur sur 1μ5 de large, isolées ou accolées deux à deux, à contenu granuleux, douées d'un mouvement oscillatoire et se réunissant souvent en zooglées (fig. 394 et 395). On le trouve exclusivement dans les eaux stagnantes, polluées par des matières organiques décomposées.

7° **B. Metchnikovi** Gamaleïa. — Ressemble énormément à celui du choléra. Pousse abondamment sur la gélose où il forme déjà au bout de quelques heures, à 37-38° C. des colonies épaisses et de couleur jaune. Réaction intense de l'indol au bout de 24 heures. En tubes de gélatine, liquéfaction 2 fois plus rapide que celle du B. Koch, mais il y a aussi des cas où la réaction est bien plus lente. Les colonies sur plaques qui poussent en profondeur, apparaissent d'une couleur jaune clair, à contours ronds ou légèrement onduleux ; celles de la surface sont d'un blanc clair et se disposent en couches fines à contours entaillés (R. Pfeiffer).

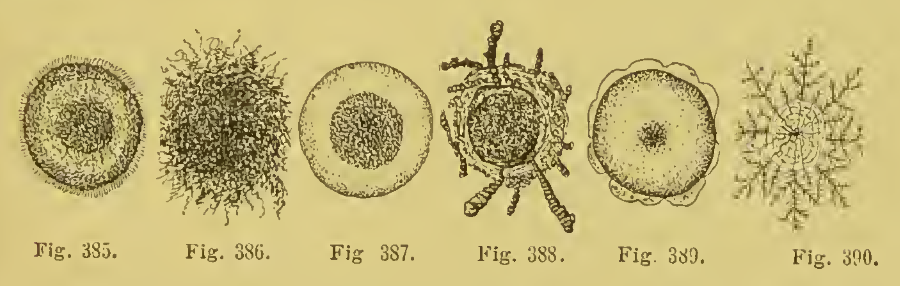


Fig. 385. Fig. 386. Fig 387. Fig. 388. Fig. 389. Fig. 390.

8° **B. mesentericus vulgatus** Flügge. — Extrêmement répandu dans l'air et dans l'eau ; M. Vignal l'a trouvé en assez grande abondance dans des eaux de fleuve, rivière, ruisseau, puits, etc. Ses colonies sont assez caractéristiques pour rendre toute description inutile (fig. 385 d'après Vignal).

9° **B. mycoïdes** Flügge. — A été trouvé à plusieurs reprises par Fortin, G. Roux, etc., dans les eaux, la grêle. Ces colonies ressemblent à une moisissure (G. Roux).

10° **B. subtilis** Ehr. — Très fréquent partout, surtout dans les eaux stagnantes (fig. 409 et 410). Le développement est rapide : 12 heures à la température ordinaire. Il est très avide d'oxygène

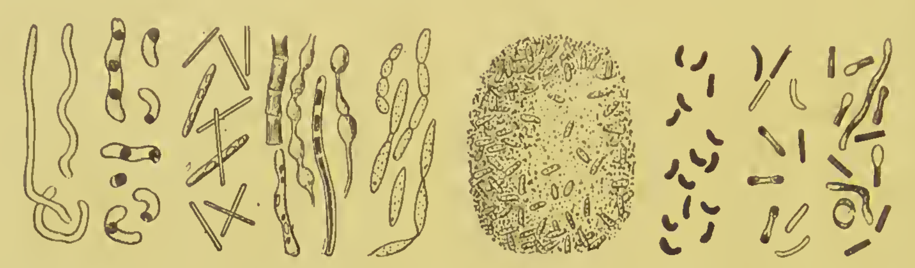


Fig. 391. Fig. 392. Fig. 393. Fig. 394. Fig. 395. Fig. 396. Fig. 397. Fig. 398. Fig. 399.

et se trouve surtout à la surface des eaux. Ses colonies sont étoilées, radiolées et à contenu très clair. Chose curieuse, si l'on fait bouillir l'eau pendant 5 minutes et que l'on refroidisse lentement, le développement devient beaucoup plus rapide encore : en 3 heures et même moins en été.

11° **B. termo** Macé (fig. 408 et 409). — Cette espèce, soustraite par Macé de l'ancien genre *Bacterium termo* de Dujardin, est excessivement commune partout, mais surtout dans les eaux stagnantes où il vit côte à côte avec le précédent, les infusoires, etc. Tant que les liquides renferment de l'oxygène dissous, il reste disséminé dans toute la masse, mais lorsque ce gaz disparaît, les bacilles viennent se rassembler à la surface où ils forment parfois de véritables pellicules membraneuses. La figure 389, page 255 représente l'aspect d'une colonie sur plaque grossie environ vingt-cinq fois; les figures 404 à 406, celui des colonies en tubes de gélatine après 12 heures, 48 heures et 5 jours.

12° **B. violaceus** Schr. — Assez commun dans l'eau : puits, citernes, rivières, et même dans la glace et la neige; Bujwid l'a trouvé dans des grelons. Il se développe rapidement sous forme de petites taches hyalines, à bords sinueux, à surface ondulée et dont le centre, surbaissé, est opalescent. Liquéfaction rapide, peau épaisse, très visqueuse et cohérente, surnageant le liquide.

13° **B. viridis.** — La figure 363 *b*, page 238, représente l'aspect de colonies verdâtres que nous avons rencontrées à plusieurs reprises déjà sur nos plaques, le bacille est quelconque et se rencontre aussi bien dans les eaux impures que dans les eaux pures.

Si quelqu'un l'a décrit ou vu, nous lui restituerons avec d'autant plus d'empressement la paternité de la découverte, que nous n'en avons fait aucune étude.

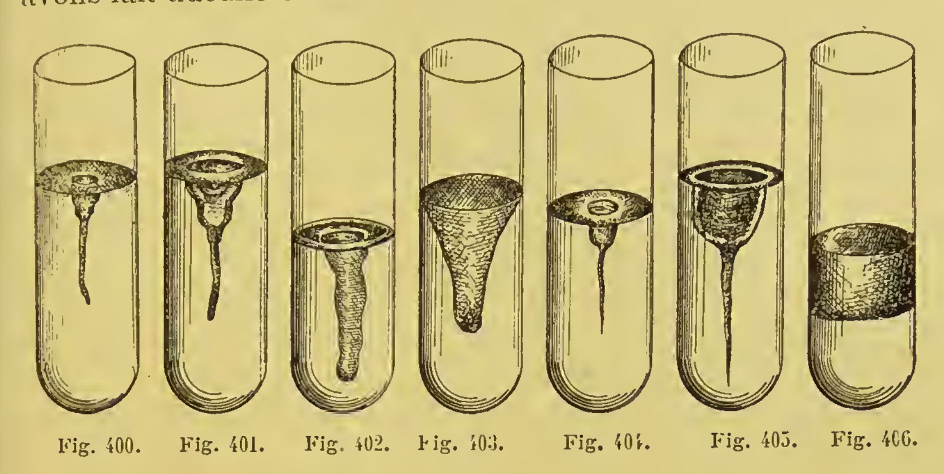


Fig. 400. Fig. 401. Fig. 402. Fig. 403. Fig. 404. Fig. 405. Fig. 406.

14° **B. vulgaris** (*Proteus*) Hauser. — Ce bacille aussi vulgaire que l'indique son nom, forme sur plaque des cultures tout à fait caractéristiques (fig. 388) et qui renferment des filaments pouvant attendre jusqu'à 70 à 90 μ de longueur et peut être même plus.

15° **B. zopfii** Cohn. — A été rencontré plusieurs fois dans l'eau par Macé. Les figures 407 et 408 le représentent d'après les dessins de cet auteur.

C. — Spirilles.

On trouve dans les eaux renfermant des matières organiques végétales en voie de décomposition, plusieurs espèces de *Spirilles* (*Vibrio* Müll) dont la longueur, la largeur et la forme sont très



Figures : 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414.

variables. On peut les réunir en deux groupes dont l'un comprendra toutes les espèces de diamètre inférieur à 1 μ et l'autre, toutes celles d'un diamètre supérieur.

Au premier groupe appartiennent le *S. tenue* long de 4 à 15 μ (fig. 401), le *S. serpens* mesurant de 11 à 28 μ (fig. 402), le *S. plicatile* dont la longueur peut atteindre 200 μ (fig. 403) et dont la mobilité est très grande.

Dans le second, prennent place : le *S. undula* (fig. 404) fréquent dans les eaux corrompues et dont les filaments mesurent de 8 à 16 μ; le *S. volutans* Ehr. dont l'endoplasme renferme de nombreuses granulations sombres et qui peut atteindre de 25 à 30 μ de longueur; le *S.* ou *V. rugula* Müll. (fig. 358) dont les spores en battant de clôche ou massue sont très connues et dont les filaments, larges de 2 à 3 μ, mesurent de 5 à 15 μ de longueur. Tous sont également très mobiles.

D. — Varia.

Rappelons ici les noms des divers bacilles que nous avons mentionnés au cours du *chapitre III* (pp. 237 et suiv.), savoir :

1° Les trois bacilles de Cassedebat, trouvés par cet auteur dans les eaux du vieux port de Marseille (*Ann. Pasteur,* 1890, p. 638);

2° Les trois bacilles de Thoinot (eau du Hâvre) et les trois de Zimmermann (eaux de Chemnitz), très mobiles, à longs cils, donnant des colonies en forme de petites boules blanc jaunâtre ou verdâtre;

3° Les cinq bacilles que Weichselbaum a découverts dans les eaux de Vienne et qu'il a décrits sous la dénomination de *B. aquatilis sulcatus* I à V (*Das Oster. Sanitatsv.*, 1889 et G. Roux);

4° Le *B. butyricus* Pasteur, commun dans les eaux stagnantes et surtout dans celles qui sont souillées par les routoirs; il vit surtout au fond et dans la vase, côte à côte avec tous les microbes anaérobies, tels que l'*Anthracis*, le *B. de Nicolaïer* qui abonde dans les vases des galeries filtrantes des eaux de la ville de Lyon, dans la Seine, la Marne, les eaux d'égout, etc., le *V. septique* Pasteur, etc.;

5° Les six bacilles *pseudo-typhiques* de Kitasato (*Zets. f. Hyg.*, 27 décembre 1889);

6° La *Sarcina paludosa* Schrot., fréquente dans les eaux-vannes

des sucreries et que nous avons rencontrée dans certaines eaux souillées par les résidus de cette industrie;

7° Les nombreux bacilles des selles humaines ou des excréments des animaux, dont la description et l'étude commencées par Cornil et Babès est encore presque complètement à l'état d'ébauche;

8° Les trente-deux vibrions découverts par Sanarelli dans les eaux de la Seine (*Ann. Inst. Pasteur*, octobre 1893);

9° Enfin, signalons encore pour terminer le fameux *Spirille de Finkler et Prior*, si bien décrit par tant d'auteurs et dont Koch vient de décréter la non existence, ajoutant qu'il avait trop longtemps servi d'épouvantail aux bactériologues novices. De fait, personne, pas même les auteurs de sa découverte, n'a pu le rencontrer une seconde fois. Nous représentons par curiosité et à titre historique page 257, figure 402, l'aspect des cultures sur gélatine en tube d'après Macé.

QUATRIÈME PARTIE

HYGIÈNE

CHAPITRE PREMIER

CARACTÈRES ET COMPOSITION DES EAUX AU POINT DE VUE PHYSIOLOGIQUE

I. — Généralités.

Les *qualités* physiologiques des eaux potables étant corrélatives des *propriétés* de même ordre que possède l'eau considérée au point de vue le plus général, il est nécessaire pour fixer les premières de préciser exactement la nature des secondes.

Or celles-ci peuvent être résumées comme suit :

1° Quel que soit l'état sous lequel elle est ingérée : pure, c'est-à-dire telle qu'elle ou sous forme de boissons spiritueuses ou autres, d'aliments solides ou liquides, etc., l'eau est surtout et avant tout *destinée à réparer les pertes* **liquides** *incessantes que subit l'organisme animal sous l'influence du mécanisme vital.*

Nous croyons nécessaire d'insister tout particulièrement sur ce point : *pertes liquides* de l'organisme, parce que nous ne pouvons considérer l'eau que comme une *boisson* et non comme un *aliment,* dans le sens ordinaire du mot. En d'autres termes, le rôle physiologique de l'eau est et doit être celui d'un *liquide* et non d'une *dissolution* plus ou moins concentrée ou diluée de substances salines ou autres.

Nous nous bornerons ici à énoncer le principe, renvoyant, pour la démonstration, au § III ci-après.

2° *L'eau doit étancher la soif.*

Normalement, cette propriété se confond avec la précédente, la soif pouvant être considérée comme une sensation particulière provoquée par les besoins de l'organisme, lesquels sont évidemment une conséquence des pertes dont il vient d'être parlé. Nous conservons cependant cet énoncé, d'abord parce qu'il frappe davantage l'esprit, qu'il est plus clair pour le public, et ensuite parce qu'il existe de nombreuses circonstances au cours ou sous l'influence desquelles on peut avoir soif, et très soif même, sans que l'ensemble des secrétions et excrétions aqueuses soit proportionnel, à beaucoup près même, au volume des liquides que l'on absorbe alors.

3° *L'eau doit aider à la déglutition, à la digestion et à l'absorption des aliments* et *servir à leur cuisson, aux soins de propreté et aux divers usages domestiques.*

De la connaissance de ces diverses propriétés nous allons pouvoir déduire, sans trop de difficultés, quelles sont les *qualités* que doivent présenter les eaux douces pour être considérées comme physiologiquement *pures*. Nous aurons ensuite à examiner quelles sont les limites de la tolérance que l'on peut montrer à l'égard de celles qui ne réuniraient point la totalité de ces qualités ou qui ne les posséderaient point toutes au même degré; toutefois, cette dernière étude nous paraissant devoir être malaisément séparée de celle qui a pour objet la discussion et l'interprétation des résultats analytiques au point de vue hygiénique, nous en renvoyons le développement au chapitre V.

II. — Caractères physiques et organoleptiques.

Que l'on considère l'ensemble des propriétés physiologiques de l'eau ou l'une quelconque d'entre elles, les résultats sont absolument les mêmes au point de vue de la détermination de ses caractères : il serait aussi désagréable, aussi peu ragoûtant — que l'on me passe l'expression — de faire cuire ses légumes ou de prendre un bain dans une eau trouble, de mauvaise odeur, plus ou moins jaunâtre, verdâtre, etc., que de s'en servir pour la boisson.

Nous dirons donc, et en ceci nous sommes absolument d'accord avec tous les auteurs, que les eaux potables doivent être *limpides, fraîches, incolores, inodores, d'une saveur agréable, légères à l'estomac* et *inaltérables.*

Mais il y a lieu de remarquer que la réciproque n'est pas toujours vraie et que les eaux ne sont pas nécessairement pures, parce qu'elles présentent toutes les qualités que nous venons d'énumérer. Ainsi, par exemple, elles pourraient parfaitement, sans cesser d'être limpides, incolores, etc., tenir en dissolution de très violents poisons, et ce à des doses suffisantes pour provoquer une intoxication qui, pour n'être pas aigue, n'en deviendrait pas moins plus ou moins rapidement mortelle.

Nous nous bornerons ici à cette observation, nous réservant de la développer ailleurs (chapitre V).

III. — Eléments normaux.

Nous comprenons sous cette dénomination toutes les substances qui font partie de nos tissus et dont la présence dans l'eau peut être utile ou, et à tout le moins acceptable, pourvu qu'elles ne s'y trouvent pas en proportion telle qu'il puisse en résulter un inconvénient ou un danger pour le consommateur.

C'est en nous appuyant sur ce principe que nous allons passer en revue les divers sels minéraux que l'on rencontre habituellement dans les eaux douces et dont la nature ainsi que la proportion dépendent de diverses circonstances, parmi lesquelles se placent en première ligne les terrains sur ou à travers lesquels coulent, reposent ou filtrent les eaux potables.

1° **Résidu fixe.** — N'a qu'une valeur physiologique excessivement restreinte et toute relative. En effet, ce n'est pas la *quantité* de sels minéraux stables au rouge qu'il faut envisager, mais bien la *qualité* ou l'*espèce*, une eau pouvant être excessivement dangereuse avec 5 à 10 centigrammes de substances fixes par litre, et inoffensive avec dix fois plus ; cependant on peut dire qu'en ce qui concerne les éléments normaux seuls, le résidu dont nous parlons ne devra pas être supérieur à $0^{gr}25$ ou $0^{gr}30$ au maximum, dont la moitié au moins formée de carbonate de chaux et le reste de chlorure sodique, de sulfates alcalins et alca-

lins-terreux, de traces ou de quantités insignifiantes de magnésie, de fer et d'acide phosphorique. Encore les meilleures eaux ne devront-elles laisser à la calcination que 0gr1 à 0gr2 des dits sels.

Ce sont, en effet, celles qui sont le plus digestibles, le plus agréables à boire et qui remplissent le mieux, sous tous les rapports, le rôle physiologique qui leur incombe.

Celles qui contiennent moins de 0gr1 de sels se rapprochent plus, il est vrai, des eaux chimiquement pures, c'est-à-dire les plus convenables pour la réparation des pertes organiques, la cuisson des aliments, le lavage, etc., mais nous croyons qu'elles sont moins propres, par contre, à calmer la soif et à favoriser la digestion gastrique que celles qui contiennent quelques centigrammes : 10 à 15, par exemple, de bicarbonate de chaux; et comme cette proportion d'éléments salins ne peut nuire en aucune manière et dans aucun cas, il est donc préférable qu'elle s'y trouve.

2° **Carbonate de chaux.** — Dissous à la faveur de l'CO^2 libre, ce sel existe dans les eaux douces sous forme de bicarbonate.

La plupart, sinon même la totalité des physiologistes, sont d'accord pour reconnaître l'utilité d'une dose modérée de bicarbonate de chaux dans les eaux potables, mais on n'est pas fixé sur la quantité maximum qu'elles en peuvent contenir.

Pour M. Boussingault, les eaux les plus carbonatées sont les plus utiles pour l'alimentation et les plus hygiéniques (Ac. des Sc. de Paris, 1846).

“ Le carbonate de chaux en dissolution dans l'eau est favorable à la santé et communique à la boisson une saveur agréable, pourvu que la quantité n'en soit pas trop considérable „ (Parmentier : *Docum. des eaux de Paris*, p. 23).

Selon Dupasquier, le bicarbonate de chaux est l'élément le plus utile, parce qu'il agit comme excitant dans l'acte de la digestion par son acide carbonique et ensuite parce qu'en se décomposant, il fixe son élément calcaire dans le système osseux.

C'est également l'opinion de Bouchardat. “ Je suis d'avis, avec Dupasquier, que non seulement le bicarbonate de chaux, dans la proportion de 1/2 millième, n'est pas défavorable, mais encore

qu'il constitue un élément utile des bonnes eaux „ (*Traité d'hygiène*, p. 159).

Nous pourrions prolonger ces citations, mais ce serait nous répéter inutilement; cependant nous ne pouvons passer sous silence l'argumentation très serrée et d'apparence absolument convaincante de M. le professeur A. Gautier qui établit, en se fondant à la fois sur le calcul de la ration d'entretien et des pertes et gains de l'organisme, et sur l'expérimentation directe, que la présence de la chaux dans les eaux potables est non seulement utile mais encore *absolument indispensable*. C'est la théorie de l'eau " aliment „, les sels " plastiques „ qu'elle contient étant nécessaires à la constitution de nos tissus, puisque, dit-on, la ration alimentaire moyenne est insuffisante sous ce rapport.

Pour le prouver, M. Gautier rapporte tout d'abord les expériences classiques de Chossat et de Boussingault.

Le premier nourrit des pigeons avec des grains de blé ne contenant pas la quantité de chaux nécessaire à l'ossification. Ces oiseaux commencent par s'engraisser, puis on les voit, peu à peu, " *augmenter instinctivement leur boisson et absorber deux fois, trois fois, puis cinq et huit fois la quantité d'eau ordinaire,* poussés ainsi par une sorte d'appétit spécial qui leur fait rechercher dans l'eau la quantité de sels calcaires restée insuffisante dans leur alimentation solide; puis, sous l'influence de cet excès de liquides délayants, une diarrhée s'établit, d'abord modérée, puis énorme et l'animal finit par succomber „.

Le second engraisse un porc pendant 93 jours avec des pommes de terre dans lesquelles il a eu soin de doser la chaux. La quantité de cette dernière substance assimilée par l'animal fut trouvée égale à 140 grammes alors que la nourriture solide ne contenait que 98 grammes; le reste, soit 42 grammes, avait été pris dans l'eau de boisson.

Et M. Gautier ajoute :

" L'expérience de Boussingault est donc concluante : elle prouve, la balance à la main, qu'un animal bien nourri, qui ne reçoit que 98 grammes de chaux par son alimentation solide, en assimile 140 grammes en 93 jours et que c'est de l'eau de boisson que lui vient l'excès de cette chaux indispensable à son accroissement. „ (*Loc. cit.*, p. 346.)

L'auteur établit ensuite les calculs suivants que nous résumons très succinctement.

Un homme, depuis sa naissance jusqu'à 22 ans, a besoin pour construire son squelette, de $0^{gr}271$ CaO par jour. De plus, il perd, en 24 heures, $0^{gr}243$ par les urines, la salive, etc. (non compris les fèces), soit donc un total de $0^{gr}513$ CaO nécessaire au mouvement régulier d'assimilation et de désassimilation.

Or, le total de la chaux contenu dans la ration normale journalière n'est que de $0^{gr}470$, soit donc une différence de $0^{gr}043$ que l'on doit rencontrer dans l'eau potable. Mais ce n'est pas tout : “ Que de populations, s'écrie M. Gautier, où chaque individu ne dispose pas chaque jour de ces quantités de viande et même de légumes secs ! „ Or, ce n'est plus alors $0^{gr}043$, mais bien de $0^{gr}18$ à $0^{gr}20$ que l'on doit extraire des boissons pour compléter ce qui manque.

Enfin, l'auteur démontre également la nécessité de la chaux dans les eaux potables d'après le calcul suivant, rapporté à l'adulte :

L'excrétion journalière par les urines, est de . . .	$0^{gr}221$ CaO
„ „ „ fèces, „ . . .	$0^{gr}603$ „
Total. . .	$0^{gr}824$ CaO
Le contenu de la ration journalière moyenne assez riche est de.	$0^{gr}650$ „
Il manque donc. . .	$0^{gr}174$ CaO

que nous devons emprunter à un supplément d'alimentation ou à l'eau potable.

Voyons si la démonstration est réellement évidente.

Que prouvent les expériences de Chossat et de Bouchardat? Tout au plus que les sels calcaires ou tout au moins le bicarbonate en dissolution dans l'eau sont assimilables — on a même soutenu le contraire et avec de très sérieux arguments et preuves à l'appui — et peuvent à la rigueur remplacer ceux-qui manquent dans les aliments.

On ne peut donc en conclure que ceci : toutes les fois que la ration alimentaire sera insuffisante, l'organisme puisera ailleurs — s'il le peut — le supplément de sels minéraux qui lui est nécessaire.

Il reste donc à démontrer que la ration moyenne sur la composition de laquelle s'appuie l'éminent physiologiste français pour ses calculs, est insuffisante.

Afin de permettre à chacun de vérifier les calculs, nous allons reproduire ici ceux de M. Gautier :

Viande fraîche.	175 gr.	contenant	0gr147 CaO
Pain ou autres aliments analogues	500	»	0gr179 »
Légumes secs	80	»	0gr144 »
	Total. . .		0gr470 CaO

Nous ne discuterons pas l'exactitude des dosages : on ne met pas en doute une analyse de M. Gautier; mais nous ferons observer que la ration journalière qui a servi de base à son argumentation est singulièrement pauvre au lieu d'être normale et même riche. Certes, il y a malheureusement de nombreux individus et même des populations tout entières qui ne mangent pas 175 grammes de viande fraîche par jour, mais celle-ci est largement remplacée par le pain, les féculents, les potages, etc., tandis que ceux qui se nourrissent de viande ne se contentent certes pas de 175 grammes.

Ce ne sont pas seulement les Anglais et les Allemands qui, comme le dit M. Gautier, mangent beaucoup : les Belges, les Hollandais, les Français des régions Nord et Nord-Est ne leur cèdent guère sous ce rapport et n'ont nul besoin de chercher de la chaux dans leur eau de boisson. Au besoin, du reste, ils la trouveraient dans la bière, le vin, le lait et autres liquides dont il n'est tenu aucun compte ci-dessus.

Aussi peut-on citer de nombreux exemples à l'appui de ce que nous avançons :

Dans un grand nombre de localités des Ardennes belges — que nous connaissons bien — on ne mange de la viande fraîche qu'une fois ou deux par an et de la viande sèche (bœuf ou porc) qu'une fois par semaine et seulement dans les familles riches ou très aisées, c'est-à-dire dans la proportion de 10 à 20 p. c. au maximum; or, les eaux sont d'une pureté chimique admirable, pas une seule de celles que nous avons analysées ne contenait plus de 4 à 5 centigrammes de résidu fixe par litre. Eh bien! que l'on consulte d'une part les médecins militaires sur la vigueur et la constitution des miliciens de cette région et, d'autre part, les

médecins civils sur l'importance de leur clientèle! Nous en connaissons qui végéteraient absolument s'ils ne vivaient de leur patrimoine, alors pourtant qu'ils n'ont aucun concurrent à plus de deux lieues à la ronde. La sage-femme met l'enfant au monde, le médecin signe l'acte de décès du vieillard et c'est à peu près tout.

A Belfort où l'on boit des eaux granitiques qui se rapprochent de l'eau distillée aérée, à Saint-Etienne où les eaux ont une pureté telle que les pharmaciens sont obligés de les souiller pour préparer leur eau blanche, à Constantinople, Venise, Cadix, sur tout le littoral de la mer du Nord en Belgique, où l'on ne boit guère que des eaux de citerne, dans les hautes régions terrestres habitées par les populations qui s'abreuvent aux eaux des glaciers, etc., les épidémies ne sont certes pas plus nombreuses, la mortalité plus élevée, l'affaissement de la race, etc., plus prononcé que partout ailleurs.

Une autre objection peut être faite au sujet des chiffres de M. Gautier : c'est que la chaux est en excès dans nos aliments puisqu'elle se rencontre dans les fèces. C'est du reste ce que l'auteur a prévu, car il ajoute que la chaux qui traverse ainsi le tube digestif sans être absorbée, se trouve dans un état de combinaison qui ne permet que très difficilement son assimilation. “ Tous les sels de chaux sont bien loin d'être assimilables; pour être utilisés, il doivent être pris tels qu'ils existent dans le lait, les céréales, les légumineuses, le tissu nerveux et les bicarbonates des eaux potables „.

Mais c'est précisément comme cela que tout le monde ou à peu près les ingère et cependant on les rencontre, malgré cela, dans les excréments.

D'autre part, la quantité de chaux éliminée par les urines physiologiques n'est pas constante et varie même notablement suivant le mode d'alimentation, de telle sorte que si l'on prend moins de sels calcaires, on en élimine aussi moins : il y a donc compensation au moins approchée.

En résumé, nous ne voyons pas, pour notre part, que la *nécessité* absolue du bicarbonate de chaux dans les eaux potables ait été démontrée. Elle nous apparaît comme contingente, conditionnelle et, en somme, tout à fait exceptionnelle.

Reste donc son *utilité*.

Celle-ci est incontestable, mais elle ne doit s'exercer que dans des limites restreintes. Certes, le dégagement de l'CO^2 des bicarbonates dans l'estomac est favorable à l'action digestive et il peut même se faire, ainsi que le veulent certains auteurs, que la saturation par la chaux d'un excès d'acidité gastrique soit désirable ; c'est ainsi, par exemple, qu'un de nos collègues de la *Société chimique* belge, professeur à l'Université de Gand, nous déclarait se trouver très bien des eaux de distribution de la ville de Bruxelles, très riches en carbonate de chaux.

Mais peut-on, de quelques faits isolés, et, tout au moins jusqu'à un certain point, antiphysiologiques, déduire une règle générale? Evidemment non. Aussi doit-on, au contraire, poser en principe que l'eau ne peut, en aucun cas, entraver les phénomènes de la digestion, saturer les sucs digestifs, paralyser peu ou prou leurs effets. Utile, oui; nuisible, non.

Or, nous ne pouvons admettre qu'une eau contenant de 250 à 300 milligrammes carbonate calcique par litre ne soit point nuisible.

En effet, puisque l'on justifie son utilité par la formation d'CO^2 au sein de l'estomac, on ne peut pas ne pas se demander si le remplacement de cet acide par les acides normaux que secrète la muqueuse gastrique pendant les digestions, ne paralyse pas celle-ci.

Voyons donc ce qui se passe à cette occasion dans l'estomac d'un Bruxellois. Le volume d'eau qui lui est nécessaire tant pour la cuisson et la préparation de ses aliments : viande, légumes, potages, etc., que pour sa boisson n'est certes pas inférieur à 3 litres par jour, correspondant à 600 ou 700 milligrammes de carbonate de chaux réellement ingéré, c'est-à-dire en moyenne à $0^{gr}47$ HCl.

Peut-on affirmer qu'une diminution aussi considérable dans l'acidité gastrique n'est pas accompagnée ou suivie d'une diminution correspondante dans l'énergie des actes digestifs, alors que la quantité d'HCl libre ne s'élève pas à plus de 0.7 à 0.9 pour *1000* pendant l'acmé d'une digestion normale, physiologique?

Certes, on ne fait pas qu'un seul repas par jour et, pour chaque repas, le volume d'acide chlorhydrique est évidemment

supérieur à celui que nous venons d'indiquer puisqu'il y a lieu de tenir compte des diverses combinaisons qui se produisent, mais il n'en est pas moins vrai que la spoliation est manifeste et que si elle ne constitue pas un danger immédiat, elle peut occasionner à la longue des troubles gastriques très sérieux. Pour une hypersécrétion soulagée, combien de sécrétions normales et surtout d'hyposécrétions atteintes ou aggravées!

Et nous ne parlons pas des inconvénients qui résultent, pour l'organisme, de l'obligation dans laquelle il est journellement placé de se débarrasser, par le concours de ses divers émonctoires, du trop plein de calcaire qu'on lui a fait ingérer, inconvénients qui, quoi qu'on en ait dit, se traduisent souvent par des irritations rénales ou autres dont les conséquences peuvent être la gravelle, les incrustations calcaires, les dépôts tophacés de même nature, les gastrites, etc.

On a dit, pour justifier l'innocuité des eaux potables fortement calcaires, que l'on pouvait boire indéfiniment et impunément des eaux minérales telles que celles de Saint-Galmier par exemple, qui contiennent plus d'un gramme de carbonate de chaux et de magnésie par litre.

“ Impunément „ est bientôt dit, mais s'est-on préoccupé de ce que deviennent tôt ou tard les buveurs d'eaux minérales? Et en admettant même qu'il y en ait d'indemnes, s'ensuivrait-il que l'on puisse soumettre la muqueuse gastrique à l'excitation continue et violente résultant de l'absorption de quantités aussi considérables d'CO^2 que celles qui sont nécessaires pour maintenir le carbonate calcique en dissolution? De ce qu'un buveur d'alcool, absorbant journellement 1/4, 1/3, 1/2 litre de genièvre, par exemple, se porte comme un charme et vit jusque 90 à 100 ans, en conclura-t-on que l'alcool est inoffensif?

Et les consommateurs atteints de gravelle phosphatique, oxalique, etc., peuvent-ils également absorber journellement et impunément 50 à 60 centigrammes ou plus de carbonate de chaux?

3° **Chlorures alcalins.** — Des traces de chlorures alcalins : 5 à 10, 15 et même 20 milligrammes paraissent contribuer à la sapidité de l'eau; aussi peut-on admettre leur présence, aux proportions indiquées, dans les eaux physiologiquement pures. Mais il ne faut pas oublier qu'ils sont inutiles, les aliments contenant

des quantités beaucoup trop considérables déjà de chlorure sodique et de chlorure potassique. Ce sont cependant ceux dont on peut le mieux tolérer un excès pourvu qu'il ne soit pas trop considérable, car alors ils rendent l'eau saumâtre, désagréable à boire et par suite peu propre à désaltérer.

4° **Sulfates terreux et alcalins.** — Ils sont tout aussi inutiles que les chlorures et leur présence moins justifiée encore ; cependant on peut les admettre dans les mêmes proportions, presque toutes les eaux, même les plus pures, en contenant des traces ou des petites quantités.

5° **Phosphates terreux.** — Jadis on considérait l'acide phosphorique comme un élément nuisible, anormal, mais le Congrès d'hygiène de 1885 a admis qu'il pouvait se rencontrer dans les meilleures eaux et ne présentait aucun inconvénient, le phosphate de chaux étant un élément normal de nos tissus ; cependant comme il est absolument inutile, on peut dire qu'une eau sera d'autant plus pure qu'elle en contiendra moins ou qu'elle n'en contiendra pas.

6° **Sels de magnésie.** — Sont inutiles et peuvent aisément devenir nuisibles. Une eau pure ne doit pas en contenir du tout ou n'en contenir que des traces.

7° **Sels de fer.** — On ne doit pas déclasser une eau dans laquelle on rencontre quelques milligrammes de fer par litre, mais des eaux pures ne doivent pas en contenir, nos aliments étant assez riches sous ce rapport comme sous tous les autres du reste.

8° **Gaz.** — Une bonne eau potable doit être aérée et tenir en dissolution de 25 à 40 cc. de gaz formés d'oxygène, d'azote et d'acide carbonique dans la proportion moyenne de 6 à 7 du premier, de 14 à 15 du second et de 15 à 18 du troisième, étant entendu qu'une dizaine de centimètres cubes en plus ou en moins ne modifient pas la valeur de l'eau.

On connaît peu de chose au sujet des gaz de l'eau considérés au point de vue physiologique. On sait seulement que l'eau *aérée* est généralement *légère* et qu'elle plaît au goût, tandis que celle qui ne l'est pas paraît *lourde* et *fade*, mais sans que l'on puisse positivement dire si ce n'est pas plutôt à la présence de matières organiques provoquant la désaération de l'eau, qu'à l'absence de

l'air qu'il faut attribuer les inconvénients indiqués. Les uns disent oui, les autres non et chacun invoque des arguments plausibles en faveur de son opinion. Il est incontestable cependant que la présence de l'CO^2 est favorable à la digestion et que l'oxygène est également un excitant de la muqueuse gastrique.

IV. — Éléments anormaux.

Nous ne pouvons que les signaler ici où nous n'avons à nous occuper que des eaux *pures.* L'organisme ne pouvant assimiler que les substances dont il a besoin pour son développement et son existence, il est incontestable que tout ce qui lui est étranger est anormal et ne doit pas se rencontrer dans les eaux pures. Mais il arrive assez souvent, trop même, que l'on est obligé de faire usage comme boisson, d'eaux contenant des éléments autres que ceux dont nous venons de parler au paragraphe précédent et c'est pourquoi leur étude s'impose à l'attention du physiologiste comme de l'hygiéniste; cependant pour éviter des répétitions inutiles, nous renverrons ce qu'il convient d'en dire au chapitre V.

CHAPITRE II

ORIGINE, NATURE ET CONTAMINATION DES EAUX POTABLES.

Lacs ou fleuves, étangs ou rivières, mares ou ruisseaux, puits, citernes, fontaines, tous et toutes ont une même origine : la vapeur d'eau atmosphérique condensée et retombant à la surface du globe sous forme de pluie ou de neige, celle-ci fondant immédiatement ou rapidement, ou bien s'accumulant en glaciers au sommet des hautes montagnes ou dans les régions polaires.

C'est donc à l'atmosphère que l'eau emprunte tout d'abord une partie des matières qu'elle tient en dissolution ou en suspension, matières qualitativement et quantitativement variables suivant les saisons, les régions et les localités. C'est ainsi, par exemple, que les eaux de pluie contiennent plus d'acide nitrique et moins d'ammoniaque dans les campagnes que dans les villes et que les eaux d'orage sont notablement plus impures que les précédentes. C'est ainsi encore que les premières portions d'eaux de pluie sont considérablement plus chargées d'impuretés que les dernières et ce d'autant plus que l'intervalle entre deux pluies consécutives a été plus long, l'air plus chaud, etc.

On trouve dans toutes ces eaux des traces parfois très prononcées de nitrates et de carbonates d'ammoniaque, de soude ou de potasse, des chlorures et particulièrement du chlorure sodique plus abondant vers la mer, des sulfates de chaux, de soude, des gaz, des poussières diverses en suspension, notamment des parcelles de charbon ou de suie, des débris de tissus, de l'amidon, etc., etc.

Après leur chute à la surface de la terre, les eaux de pluie sont ou bien recueillies dans des citernes ou bien elles pénètrent dans le sol ou coulent à la surface en suivant les lignes de plus grande pente.

Dans le premier cas, elles entraînent avec elles tout ou partie des poussières qui recouvrent les toits, les gouttières, etc., empruntent des matériaux aux parois des citernes dans lesquelles elles sont recueillies et conservées, de telle sorte que leur composition est éminemment variable.

C'est ainsi que nous avons trouvé de $0^{gr}005$ à $0^{gr}089$ de matières minérales solubles dans les eaux de citernes recueillies pendant l'été dernier sur divers points du littoral belge.

Les eaux qui pénètrent dans le sol, de même que celles qui coulent à la surface, s'y enrichissent peu à peu en chlorures, sulfates, phosphates, nitrates, carbonates, silicates, etc., alcalins, alcalino-terreux et même métalliques ; elles dissolvent en outre, les dernières surtout, de l'oxygène, de l'azote et de l'acide carbonique, ce dernier maintenant dissous certains sels : carbonates, phosphates, silicates, etc., alcalino-terreux dont la proportion peut ainsi augmenter considérablement suivant les circonstances et les terrains.

Si l'on fait abstraction des eaux de citernes ou eaux de pluie recueillies directement, toutes les eaux potables peuvent être divisées en deux catégories, savoir : *eaux de surface* et *eaux profondes*, les premières étant, en outre, *stagnantes* ou *courantes*.

Celles-ci comprennent les eaux de fleuves, de rivières, de torrents et de ruisseaux, celles-là les eaux de lacs, étangs, viviers, mares, fossés, etc. ; enfin quelques-unes, comme celles de canaux, par exemple, peuvent être considérées comme étant à la fois stagnantes et courantes. Quant aux eaux profondes, elles sont représentées par les nappes souterraines et donnent naissance aux eaux de source, de puits ordinaires et de puits artésiens.

Mais quelle que soit leur nature, elles empruntent toutes au sol, ainsi que nous venons de le dire, la plus grande partie des matériaux salins ou autres qu'elles tiennent en dissolution. Le facteur *terrain* joue donc un rôle très important, capital même sous ce rapport, et il importe d'en dire brièvement quelques mots.

Si les eaux coulent ou stagnent sur ou sous des terrains peu attaquables : quartz, granit, grès, etc., elles sont très peu minéralisées et ne contiennent guère, outre ce qu'elles ont emprunté à

l'atmosphère, que des traces de silice, de chlore, d'acide sulfurique, combinés aux alcalis et aux terres et dissous à la faveur de l'CO^2; enfin, leur teneur en matières organiques est également très faible ou même nulle.

Si les terrains sont calcaires ou légèrement siliceux et pauvres en terre végétale, en humus, les eaux s'enrichiront fortement en carbonate, sulfate et silicate de chaux, mais surtout en carbonate, et elles en contiendront d'autant plus qu'elles dissoudront davantage d'acide carbonique et que leur action se fera sentir sous une pression plus élevée.

Les eaux qui tombent, coulent ou filtrent sur ou à travers des terrains chargés d'engrais naturels ou artificiels, des produits de décomposition des matières végétales, etc., dissolvent et entraînent des nombreux matériaux salins et organiques, tels que sulfates, phosphates, nitrates, chlorures, crénates, etc., par l'intermédiaire desquels et avec le concours de l'CO^2 qu'elles contiennent elles dissolvent ou peuvent dissoudre de la chaux, de la magnésie, du fer, de l'alumine, du manganèse, de la silice, etc., ou s'enrichir en substances de l'espèce. Si elles traversent ou longent des terrains gypseux, anthraciteux, tourbeux, etc., elles se chargeront des divers éléments solubles qu'elles leur emprunteront et seront par suite très riches en sulfates, crénates, phosphates, etc. Enfin les eaux qui passent sur des terrains maritimes ou autres imprégnés de chlorures alcalins, celles qui rencontrent sur leur passage des bancs de sel gemme, seront fortement chlorurées, sulfatées, etc.

Les eaux chargées de matières organiques qui se trouveront en contact avec des pyrites, ou qui contiendront des sulfates, pourront dissoudre du fer, de l'arsenic, des sulfures, des carbonates alcalins fixes, etc., soit directement, soit et surtout par suite de doubles décompositions entre les sels alcalins et les sulfures, silicates, carbonates métalliques. C'est ainsi notamment que l'on peut expliquer la présence de l'hydrogène sulfuré libre ou combiné, du carbonate de potasse, des hyposulfites, etc. Exemples : l'CO^2 décompose les feldspaths, l'eau dissout des silicates alcalins qui, par double décomposition avec les sels calcaires donnent des carbonates de potasse ou de soude; les sels sodiques et les sulfures de fer réagissant entre eux, forment des sulfures alcalins

qui, au contact de l'oxygène, se transforment en hyposulfites d'où, entre parenthèses, le trouble blanchâtre que l'on observe dans certaines eaux après leur exposition à l'air libre.

A ces diverses causes de contamination des eaux potables, que l'on pourrait appeler naturelles et constantes, viennent s'ajouter les suivantes, que l'on peut qualifier d'artificielles et d'accidentelles et distinguer en générales et spéciales.

Les *chaleurs* prolongées, surtout intenses, sont une cause à la fois directe et indirecte de contamination. Le volume de l'eau diminuant par évaporation, les matières nuisibles s'y accumulent en proportion plus considérable; d'autre part, les végétaux et les animaux peuvent être laissés à nu, périr et se putréfier plus ou moins rapidement, ajoutant ainsi de nouveaux détritus à ceux qui existaient déjà et ce en quantité d'autant plus élevée que les eaux se renouvellent moins facilement, moins rapidement ou qu'elles sont plus superficielles. Enfin, la grande sécheresse tuant les végétaux des terrains environnants, il y a là une nouvelle source de matières organiques que les premières pluies feront fermenter avec la plus grande énergie et entraîneront, si elles sont assez abondantes, dans les eaux déjà souillées au maximum.

Les *grands froids* agissent jusqu'à un certain point comme les chaleurs, mais les putréfactions étant considérablement ralenties, les conséquences en sont moins fâcheuses.

Les *pluies prolongées*, les *orages*, la *neige* favorisent la contamination des eaux par l'entraînement des débris organiques mentionnés plus haut, mais elles sont moins nuisibles que les grandes chaleurs et les gelées parce qu'elles augmentent parfois énormément le volume des eaux. Ici, la contamination passe rapidement par un maximum, lequel décroît non moins rapidement lorsqu'il s'agit d'eaux à cours rapide qui, ainsi que nous le disons plus loin (chapitre IV), se purifient promptement.

Par contre les eaux stagnantes sauf lorsqu'il s'agit de grands lacs peu influencés par les pluies, restent longtemps surchargées de principes nuisibles ou dangereux. Si le niveau du liquide est très bas, le terrain plus ou moins marécageux et si les pluies sont violentes et succèdent à une longue période de sécheresse pendant laquelle quelques averses auront apporté au sol l'humidité

nécessaire à la fermentation des débris végétaux et animaux y accumulés, les eaux stagnantes atteignent un haut degré de pollution.

Aussi est-il fréquent de voir éclater, dans ces conditions, des maladies nombreuses, telles que la fièvre typhoïde, le choléra, la peste, les dysenteries, etc., et d'autant plus graves que l'organisme est affaibli, débilité par les chaleurs et une alimentation presque toujours insuffisante, et que la brusquerie de l'attaque le laisse sans aucune défense; le poison, le virus, les germes si l'on veut, sont partout à la fois : dans l'eau que l'on boit, dans l'air que l'on respire, dans et sur la terre que l'on foule. Quoi d'étonnant si, dans de semblables circonstances, une épidémie meurtrière éclate tout à coup et sur un très grand nombre de points à la fois? Il n'est pas un médecin, pas un hygiéniste, pas même un homme intelligent qui ne sache à quels dangers les alternatives de sécheresse prolongée et de pluies abondantes exposent les populations et surtout celles qui vivent dans de mauvaises conditions hygiéniques. Pas n'est besoin de recourir à l'action de quelques germes pathogènes ou supposés tels venant on ne sait d'où et disséminés dans des masses considérables de liquide, pour expliquer la genèse ou l'étiologie des épidémies ou des endémies dont nous parlons.

Mais il y a plus. Les animaux ne sont pas plus que l'homme à l'abri des dangers qui résultent de l'absorption des eaux contaminées; or l'alimentation carnée est trop générale parmi les populations des villes et même des campagnes, pour ne pas constituer par elle-même un danger ou tout au moins pour ne pas y contribuer dans une certaine mesure. Tout le monde sait avec quelle rapidité les poissons, les viandes rouges, le gibier, etc., se décomposent, s'altèrent pendant la saison chaude, même lorsqu'ils sont conservés dans des glacières. La température ambiante joue certainement un très grand rôle, mais il n'est pas téméraire de supposer que les aliments et surtout les boissons altérées absorbés avant la mort n'interviennent également dans les phénomènes signalés.

Une dernière cause de pollution permanente des eaux, et surtout des eaux profondes, est l'imprégnation du sol par des matières azotées ou autres, répandues à la surface de la terre pen-

dant la suite des siècles par les populations. On connaît, dans tous les pays du monde et surtout de l'ancien continent, des villes dont le sol et le sous-sol sont de véritables réservoirs de détritus de toute nature à travers lesquels les eaux de pluie doivent filtrer (!) pour aboutir à la nappe aquifère la plus rapprochée.

La contamination atteint surtout un très haut degré lorsque le sol est peu perméable, peu accessible à l'air, c'est-à-dire dans tous les cas où l'oxydation est lente, incomplète. Les eaux de puits notamment sont alors chargées de chlorures, nitrates, sulfates, phosphates, matières animales, hydrogène sulfuré libre, sulfure d'ammonium, nitrites, etc.

Parmi les causes accidentelles de nature spéciale, il faut citer comme étant la plus importante sous tous les rapports, le tout à l'égout des grandes agglomérations humaines, et les résidus industriels de toute nature dont les grands cours d'eau sont les réceptacles.

La masse des matières putrescibles ainsi accumulées dans certains fleuves ou rivières est énorme. Voici comment s'exprime à ce sujet M. le professeur Gautier :

“ D'observations poursuivies à Paris pendant vingt années, les ingénieurs ont pu conclure que le volume moyen d'eau d'égouts versées journellement à la Seine par les collecteurs est d'environ 260,000 mètres cubes, soit 125 litres par habitant, ou le trentième de la totalité de l'eau que débite le fleuve. A Londres on rejette à la Tamise 110 litres d'eaux-vannes par tête.Les égouts débitent ainsi, d'une part environ 70 p. c. de la totalité de l'eau reçue par la ville à l'état de pluie, de l'autre celle qui est distribuée chaque jour pour l'arrosage des rues et le service intérieur des habitations, 30 p. c. de cette quantité d'eau de pluie ou de lavages se perdent dans le sol ou par évaporation, et il n'est pas douteux qu'une bonne partie ne revienne à la rivière par les infiltrations ou drains souterrains après s'être imprégnée des détritus ménagers du sous-sol. „

„ Les villes très industrielles déversent aux égouts des quantités d'eau plus grandes encore et chargées des produits spéciaux de leur industrie : à Birmingham 223 litres par tête, à Glas-

cow 363, à Reims, où les industries de la laine et d'autres sont très prospères, 406 litres par habitant. „

Les mares ou fosses à fumier et à purin, les latrines, les puisards ou bétoires, les écuries, les eaux ménagères, celles des bateaux-lavoirs, les déjections provenant de la vie journalière à bord des navires, bateaux, etc., qui circulent ou séjournent sur les canaux, rivières, lacs; l'épandage à la surface de sols fissurés ou crevassés, d'eaux d'égout, de gadoues, d'engrais de toute nature, le lessivage de matériaux de bâtisse ou de démolition, tels que vieux plâtras, murs salpétrés; les marchés publics, les cimetières, les abattoirs, les boucheries, les poissonneries, les salines, les tanneries, les blanchisseries, les routoirs de lin et de chanvre, les féculeries, les sucreries, les brasseries, les distilleries, les clos d'équarrissage, les boyauderies; les fabriques de produits chimiques, de savon, de margarine, de poudrettes, d'engrais, de gaz d'éclairage, etc., etc., sont autant de causes occasionnelles de pollution.

Ce sont surtout les eaux stagnantes et principalement celles qui sembleraient le plus à l'abri, comme par exemple les eaux de puits et de citernes, qui sont le plus exposées.

Plusieurs raisons peuvent être invoquées pour expliquer cette apparente anomalie. Tout d'abord la position de ces réservoirs, presque toujours creusés à proximité ou même au centre des habitations qu'ils sont destinés à alimenter, et entourés de tout ce qui peut polluer leur contenu : lieux d'aisance, étables, fosses à purin, tas de fumier, etc., etc.

En second lieu, il est rare qu'ils soient parfaitement étanches, c'est-à-dire que leurs parois ne soient point fissurées, crevassées, laissant suinter toutes les eaux sales provenant de l'extérieur. La plupart sont même très souvent découvertes ou simplement obstruées par une grande pierre mal jointe; d'autres munis de pompe et paraissant bien fermés sont entourés d'une rigole dans laquelle sont versées toutes espèces d'eaux sales qui s'y putréfient rapidement, pénètrent dans le sol et de là dans le puits par les crevasses des parois dont il vient d'être fait mention.

Enfin, il n'est pas jusqu'aux mares ou marais environnants qui, bien que parfois assez éloignés, n'en sont pas moins dangereux

si le terrain est fissuré, accident souvent caché et qu'il est parfois malaisé de découvrir.

Ajoutons encore que la nature et l'intensité des cultures, des défrichements, des drainages, des déboisements, la profondeur des nappes souterraines, leur stagnation, le relief du sol, etc., peuvent contribuer à la contamination (ainsi du reste qu'à la purification : chapitre IV), les eaux courantes ou stagnantes qui peuvent en outre se corrompre par la mort subite et la putréfaction des nombreux organismes végétaux ou animaux qu'elles renferment.

Plus accidentelles, plus accessoires sont les altérations des eaux potables par les sels métalliques, notamment ceux à base de fer, de plomb, de zinc et d'arsenic provenant généralement des tuyaux adducteurs et abducteurs et, parfois aussi, des réservoirs et du sol.

Le fer présente peu d'inconvénients, sauf lorsqu'il est dissous par des acides organiques et notamment par les acides crénique et apocrénique, parce qu'alors il ne se sépare ou ne se précipite pas ou seulement avec une lenteur telle qu'il est impossible d'en tenir pratiquement compte. Nous conservons en vase ouvert depuis le mois d'août dernier, une eau ferrugineuse de cette nature, que nous devons à l'obligeance de M. le Dr Crispo, directeur du laboratoire agricole de l'Etat à Anvers, et tout le fer qu'elle contenait est bien loin d'être déposé, malgré l'épaisse couche de rouille qui tapisse le fond et les parois du flacon.

Mais lorsque le métal est dissous à l'état de bicarbonate et même de sulfate, il est rapidement précipité à l'air sous forme de sesquioxyde, qu'il suffit de séparer par le filtre pour obtenir de l'eau absolument limpide et incolore : telle est, par exemple, l'eau de distribution de la ville d'Arcachon, qui emprunte des quantités si considérables de fer aux conduites dans lesquelles elle circule, qu'elle sort presque rougeâtre des robinets.

D'après M. le professeur Gautier, les réservoirs et les tuyaux de zinc seraient sans inconvénients. Les habitants de Neubourg boivent depuis longtemps, dit-il, des eaux qui proviennent de pluies tombées sur des toits de zinc et qui s'écoulent par des tuyaux de zinc dans des citernes où elles séjournent souvent sur une épaisse couche d'oxyde zincique. D'autre part, après de longues

enquêtes, l'amirauté anglaise et le gouvernement français se sont décidés à conserver l'eau distillée à bord dans des réservoirs en tôle galvanisée, c'est-à-dire recouverts d'une couche de zinc; depuis longtemps on suit cette pratique sans avoir eu d'accidents à déplorer.

Nous rapportons cette opinion sans commentaires, mais nous ne la faisons point nôtre.

Quant au plomb, son action toxique est incontestable, mais comme elle ne se manifeste pas dans tous les cas où le métal est en cause, c'est-à-dire chaque fois que l'on fait usage de tuyaux en plomb, nous allons indiquer brièvement les conditions dans lesquelles le métal est attaqué par les eaux douces.

L'eau distillée oxygénée, mais privée d'CO^2, ne possède qu'une action très lente et très faible. Il en est de même de l'eau contenant de l'CO^2 mais privée d'O, et de celle qui ne contient aucun de ces deux gaz (Müller, *Monit. Scient.*, février 1888).

L'eau agit le plus énergiquement lorsqu'elle contient en solution 2 volumes CO^2 pour 1 volume O; avec des proportions autres, l'attaque du métal est plus lente. La rapidité de la dissolution augmentant avec la quantité d'CO^2 et la durée du contact, on comprend qu'il doit être rare de pouvoir constater la présence des sels plombiques dans une eau qui ne fait que couler dans les tuyaux sans y séjourner. Si l'on ajoute que la présence des bicarbonates alcalins ou alcalino-terreux est un obstacle à peu près absolu à la dissolution du plomb, on ne sera pas étonné que des tuyaux de ce métal puissent être impunément employés dans les canalisations les plus importantes. C'est ainsi, par exemple, que toutes les conduites intérieures de la ville de Bruxelles sont en plomb, et qu'aucun accident, que nous sachions du moins, n'a jamais été constaté de ce chef. Cependant nous préférerions certainement l'usage des tuyaux doublés en étain. En effet, les eaux ne contiennent pas toujours des bicarbonates et renferment souvent des nitrates qui peuvent former des sels solubles; de plus, l'insolubilité de l'hydrocarbonate plombique n'est pas aussi absolue qu'on le croit généralement.

Voici au surplus, sur ce sujet, les conclusions d'un important travail de M. le professeur Gautier.

« En séjournant quelques jours ou quelques heures au contact

de tuyaux ou réservoirs de plomb neuf, les eaux de sources ou de rivières se chargent d'environ 1/2 milligramme de plomb par litre.

„ Les eaux potables, par leur séjour dans des tuyaux de plomb vieux, même incrustés de la croûte calcaire qui s'y forme peu à peu, peuvent dissoudre ou tenir en suspension une certaine dose de ce métal. Dans mes expériences, elle s'est élevée, par litre, à 1/2 milligramme de carbonate de plomb pour les eaux de la Vanne. Il faut remarquer, en effet, que ces incrustations, dites *calcaires*, des tuyaux de plomb, contiennent de 50 à 75 p. c. de sels de plomb et se détachent sous la moindre influence, surtout par les coups de béliers qui résultent de la fermeture des robinets. Leurs plus menues parcelles se détachent alors et restent en suspension dans les eaux. La quantité de plomb dissoute augmente encore si ces eaux sont très aérées ou si elles ont séjourné dans les tubes de plomb en présence de l'air, comme il arrive si souvent.

„ Les eaux potables dissolvent une quantité de plomb qui paraît très variable lorsqu'elles restent longtemps enfermées et stagnantes dans des tuyaux de plomb; mais leur simple écoulement à travers des branchements de 30 à 50 mètres, conditions habituelles de leur distribution dans nos villes (la canalisation principale étant généralement en fonte ou en fer), n'introduit dans ces boissons aucune quantité appréciable de métal toxique. Toutefois, comme le plomb n'est pas seulement en dissolution dans les eaux potables, mais surtout en suspension, comme d'autre part nous ne connaissons pas toutes les conditions accidentelles de ce problème dont la solution varie avec chaque eau de source, sa température, son admission avec l'air et le temps de séjour dans les tuyaux, il serait téméraire d'affirmer que les branchements en plomb qui conduisent l'eau de la rue à nos demeures doivent nous inspirer une confiance absolue „.(*Loc. cit.*, p. 431.)

Le plomb peut encore se rencontrer dans les eaux qui ont traversé des terrains à filons plombifères, et comme elles le tiennent alors presque toujours en dissolution, leur toxicité est très prononcée; aussi les poissons y meurent-ils rapidement et des acci-

dents graves ont-ils été constatés, soit chez les animaux, soit chez des personnes qui en avaient bu.

Signalons également, pour terminer, la contamination des eaux par l'arsenic. Les accidents survenus à l'hospice des vieillards de Court-Saint-Etienne (Belgique), où les pensionnaires buvaient de l'eau arsénicale, ont appelé l'attention sur ce sujet. Des eaux de pluie, qui avaient traversé des terrains à pyrites arsénicales ont également produit des intoxications en Suisse, en Allemagne, en Angleterre, etc. M. Gautier signale, en outre, comme causes occasionnelles de pollution arsénicale, les fabriques de papiers peints, de couleurs d'aniline, les teintureries et imprimeries sur toiles, laines, papiers, etc. Il dit avoir connu, aux environs de Paris, une fabrique de fuchsine où les résidus des opérations de certains jours entraînaient à la Seine *plus de 100 kilogrammes d'acide arsénieux!*

CHAPITRE III

ROLE ÉTIOLOGIQUE DES EAUX POTABLES

Parmi les faits qui ont été signalés comme permettant d'attribuer expressément l'action des eaux à des microorganismes déterminés ingérés avec la boisson, les plus importants datent d'hier à peine et ont été présentés au public scientifique et extra-médical sous la haute autorité du célèbre bactériologue allemand Koch, au sujet de la récente et grave épidémie de choléra asiatique dont la ville de Hambourg, notamment, a tout particulièrement souffert.

" Personne, dit Koch (1), ne pourrait nier sérieusement que l'eau ait joué un rôle considérable dans la dernière épidémie cholérique. Il suffit, pour s'en convaincre, d'examiner ce qui s'est passé à Hambourg, Altona et Wandsbeck. Ces trois villes qui, étant juxtaposées, ne forment pour ainsi dire qu'une seule et même cité, se trouvent à peu près dans les mêmes conditions pour tout, excepté par rapport à l'eau. En effet, chacune est alimentée par une eau différente, distribuée d'après un système différent. Wandsbeck reçoit de l'eau filtrée provenant d'un lac qui n'est guère exposé à la pollution par les matières fécales. Hambourg s'alimente d'eau d'Elbe non filtrée prise en amont de la ville. Altona emploie de l'eau d'Elbe prise en aval de la ville et filtrée. Eh bien, tandis que le choléra a, comme on sait, sévi effroyablement à Hambourg, Wandsbeck et Altona ont été presque épargnés par le fléau, abstraction faite des cas qui y furent importés de Hambourg. Ce contraste a été particulièrement frappant dans la région limitrophe entre Hambourg et Altona. A Hambourg, le choléra s'est étendu jusqu'à la frontière d'Altona et s'est arrêté en ce point, bien que des deux côtés de

(1) *Sem. médicale* de Paris, d'après *Zeits f. Hyg. u Infect.* (Traduction avant la lettre.)

cette ligne limitrophe toutes les conditions d'existence de la population, du sol, des habitations et de la canalisation fussent identiques. Près d'un groupe de maisons situées place de Hambourg, le choléra s'est même montré mieux renseigné sur la ligne frontière qui sépare Hambourg d'Altona que ne le serait l'homme muni des meilleures cartes. Il a su trouver ici non seulement la frontière politique, mais encore — et cela avec la plus grande précision — la limite des systèmes de conduites d'eau des deux villes. Ce groupe de maisons, habitées par une population dense de familles d'ouvriers, appartient à la ville de Hambourg, mais reçoit son eau d'Altona. Il est resté complètement épargné par le fléau, tandis que tout autour, sur le territoire hambourgeois, sont survenus de nombreux cas de choléra et de décès cholériques. Nous avons donc eu ici une sorte d'expérience instituée sur plus de 100,000 êtres humains et qui, malgré ses dimensions considérables, a rempli toutes les conditions de précision qu'on puisse exiger d'une expérience de laboratoire. Aussi est-elle absolument concluante :

„ Dans deux grandes agglomérations humaines, toutes les conditions ont été les mêmes, sauf une, le système d'alimentation d'eau. Le groupe approvisionné d'eau d'Elbe non filtrée fut gravement atteint par le choléra; le groupe qui reçoit de l'eau fitrée ne l'a été que très légèrement. Ce fait est d'autant plus significatif que l'eau de la ville de Hambourg est puisée à un endroit où l'Elbe est encore relativement peu souillée, tandis qu'Altona s'alimente d'eau d'Elbe polluée déjà par les matières fécales et par les excrétions liquides d'une population d'environ 800,000 âmes. Pour un expert scientifique, quelle autre explication du fait pourrait-il donner que celle-ci, à savoir que la différence constatée entre les deux groupes d'habitants à l'égard du choléra est due à la différence des systèmes d'alimentation d'eau et qu'Altona a été préservée du choléra parce qu'elle employait de l'eau d'Elbe filtrée? Nier simplement cette explication serait impossible. On peut seulement essayer de la concilier avec les idées que chacun se fait sur la nature du choléra. Il s'agit là d'un fait épidémiologique de la plus haute importance, clair et précis, qui peut être contrôlé et complété même postérieurement, d'un fait vraiment unique en son genre, à l'égard duquel celui qui étudie

le choléra et qui désire que son opinion soit prise en considération est tenu de se prononcer. „

M. le Dr Renvers, de Berlin, a signalé à l'*Académie de médecine* de cette ville le cas d'un jeune homme qui, ayant fait une chute dans la Sprée et bu beaucoup d'eau de cette rivière, succomba 48 heures après à une attaque de choléra asiatique, en même temps qu'un homme d'âge mûr qui avait également bu de la même eau en prenant un bain dans la rivière.

MM. Brouardel, Loir, Thoinot, Regnier, Ollivier, Schneider, Vincent, Chantemesse et Widal, Mosny, Wolffhügel, Dionis des Carrières, Fryde, Letzerich, Maragliano et quelques autres encore ont signalé des cas ou des épidémies de fièvre thyphoïde dus à l'ingestion d'eaux de boissons contenant le bacille d'Eberth.

Dans un très remarquable mémoire sur la distribution géographique des *Ténias*, lu en 1892 à l'*Académie de médecine* de Paris, M. le Dr Bérenger-Feraud signale de nombreux exemples d'affections vermineuses dus à l'ingestion des eaux de boisson ou à l'*ichtyophagie* des habitants qui vivent au bord des lacs, à l'embouchure ou sur les rives des grands fleuves, etc.

Le fait suivant, communiqué à la *Société médicale d'Amiens* en septembre 1892, par M. le Dr Bax, de Corbie, est particulièrement intéressant sous ce rapport. Il existe dans cette petite ville, une cité ouvrière alimentée presque exclusivement par un puits; or, tous les habitants qui boivent de cette eau ont des ascarides, tandis que les autres en sont exempts.

Nous-même avons eu l'occasion, pendant notre séjour à Arcachon, de constater un cas non moins remarquable d'helminthiase aquigène. Un de nos voisins habitant régulièrement Marmande mais faisant chaque année plusieurs séjours de quelques semaines à Arcachon, était père d'un petit garçon de 8 à 9 ans, dont la santé lui inspirait d'assez sérieuses inquiétudes. Nous vîmes cet enfant dont le *facies* était à ce point frappant, que nous n'hésitâmes pas à diagnostiquer sans plus une affection vermineuse, qui nous fut confirmée dans les 48 heures par la présence dans les selles de plusieurs ascarides, expulsés sous l'action d'un traitement approprié : immédiatement tous les symptômes fâcheux cessèrent et un mois après l'enfant quittait Arcachon en parfaite santé. Nous n'y pensions plus, le fait étant très commun, en somme,

lorsque deux ou trois mois après nous vîmes revenir notre petit ami dans le même état que la première fois. Intrigué, nous interrogeâmes les parents et apprîmes que le petit malade ne buvait que de l'eau ou du lait, tandis que les autres personnes de la famille faisaient exclusivement usage de vin; nous soupçonnâmes alors une infection par l'eau et priâmes la famille de nous en faire parvenir un échantillon. Or l'analyse microscopique nous fit aisément reconnaître la présence de plusieurs œufs dont quelques-uns déjà en partie développés. Nous conseillâmes aux parents de ne plus donner à l'avenir que de l'eau filtrée comme boisson et depuis, l'enfant se porte à merveille.

On sait, depuis des siècles, que l'*impaludisme* sévit endémiquement dans les régions marécageuses, mais ce n'est que depuis quelques lustres que l'attention a été appelée du côté des eaux; M. le Dr Maurel, de Toulouse, a publié, chez Doin, à Paris, un très intéressant ouvrage sur cette question; on y trouve signalées plusieurs observations très caractéristiques, notamment celle de Boudin relative au navire l'*Argo* qui, parti de Bône pour Marseille en juillet 1834 avec 120 militaires, en laissa treize dans la mer et en débarqua à l'arrivée 68 atteints de fièvres intermittentes de tout genre, alors que deux autres navires partis en même temps et pour la même destination avec 700 hommes de troupe s'étant trouvés identiquement dans les mêmes conditions que les précédents, n'eurent pas un seul malade à bord. Or il fut établi que le premier navire avait embarqué plusieurs tonneaux d'eau puisée dans un endroit marécageux et que ceux-là seuls qui, parmi les passagers, en avaient bu furent malades ou succombèrent. Aucun microorganisme ne fut incriminé — on n'y songeait pas alors — mais depuis, plusieurs observateurs ont attribué la *malaria*, soit à des *bacilles* (Klebs, Cuboni, Marchiafava, Crudelli), soit à des *flagellés* (Maurel, Laveran) ou même à des *Beggiatoacées*.

Enfin, les recherches d'un grand nombre de médecins anglais, français, américains, allemands, italiens, belges, etc., ont mis hors de doute l'action de l'eau dans la *Filariose*, la *Bilharzioze* et l'*Ankylostomasie*, affections dues, comme on le sait, à la présence dans le sang — pour les premières — et dans l'intestin pour la troisième, de parasites dont les embryons ou les œufs se trouvent

dans les eaux de boisson et sont introduits avec elles dans l'organisme.

Bien que les observations ci-après s'adaptent tout autant du moins pour la plupart, à la théorie du *contage inanimé* qu'à la théorie précédente, nous les réunirons néanmoins sous le même paragraphe.

Dans une communication faite en 1887 au *Congrès d'hygiène et de démographie*, à Vienne, M. le professeur Brouardel a signalé plusieurs exemples démontrant nettement l'action de l'eau dans la genèse et la propagation de la fièvre typhoïde; nous citons le plus caractéristique, celui que tous les médecins de Paris et surtout ceux des hôpitaux peuvent vérifier chaque année, l'administration étant obligée, pendant l'été, de suppléer à l'insuffisance des eaux de source par la distribution de l'eau de Seine.

Du 18 au 24 juillet 1886, 40 typhiques entrent dans les hôpitaux; le 24 fonctionne dans certains quartiers, suivant l'expression si pittoresque de M. Duclaux, l'arrosoir aux maladies contagieuses; du 1er au 7 août, le chiffre des entrées s'élève à 150 du chef de fièvre typhoïde. La distribution d'eau de Seine cesse le 7 août et l'épidémie baisse aussitôt pour reprendre de même et dans les mêmes proportions chaque fois que l'eau de source est remplacée par celle du fleuve.

La capitale de l'Autriche était alimentée avant 1874 par l'eau du Danube : la dysenterie et surtout la fièvre typhoïde y sévissaient à l'état endémique et y faisaient chaque année de nombreuses victimes : jusque 4 à 5 décès par 1,000 habitants. Actuellement, les eaux de la distribution sont des eaux de source très pures : ces deux affections sont pour ainsi dire disparues : 0.1 p. c. seulement de décès par an, soit 40 à 50 fois moins.

Mêmes résultats à Auxerre, Tarare, Chaumont, Calais, Reims, Saint-Etienne, Saint-Chamond, etc., etc.

En 1867, la fièvre typhoïde fit plus de 500 victimes dans une partie de la ville de Gueldford dont le réservoir d'eau potable avait été pollué, onze jours auparavant, par des eaux d'égout; l'autre partie de la ville resta indemne.

Le Dr Murchison, de Londres, rapporte que tous les habitants d'un groupe de maisons tirant leur eau d'un puits commun con-

taminé par des vidanges, furent atteints de fièvre typhoïde, alors que les maisons voisines, s'alimentant ailleurs, furent toutes épargnées.

Tout récemment, M. le Dr Evrard signalait au conseil de salubrité de l'Oise un cas analogue mais plus intéressant encore pour nous : 9 personnes sur 11 d'une même famille avaient été atteintes de fièvre typhoïde par suite de l'usage de l'eau d'un puits *au-dessus duquel les volailles de la ferme avaient l'habitude de percher.*

En 1883, le choléra éclate à Hué parmi les troupes coloniales françaises; le médecin principal, M. le Dr Reynaud, obtint du commandant que les approvisionnements d'eau fussent faits en *amont* des villages annamites situés sur les bords du fleuve : immédiatement le choléra devint stationnaire, puis disparaît. Quelque temps après, les soldats chargés d'aller quérir l'eau se remettent, pour éviter une trop longue corvée, à la puiser en *aval :* le choléra reparaît, puis disparaît de nouveau aussitôt que le lieu du puisage est reporté à l'amont.

Avant 1870, les eaux blanches qui alimentaient Versailles étaient d'une grande pureté et la ville ne souffrit jamais d'épidémies. En 1870-71, l'armée allemande ayant campé sur l'immense plateau qui domine la ville et où se trouvent les rigoles et les aqueducs dans lesquels sont récoltées les dites eaux, y laissa d'immenses quantités de matières organiques et de nombreux cadavres y furent enterrés : depuis cette époque, les eaux blanches sont devenues impropres à la consommation et ont occasionné une grave épidémie en 1872-73.

Les diarrhées qui atteignent tous les étrangers en Cochinchine sont également attribuées à la mauvaise qualité des eaux potables, tout comme le choléra aux Indes.

La fièvre jaune a été également attribuée à l'action des eaux potables. C'est ainsi qu'elle aurait disparu de la Vera-Cruz, où elle était endémique, depuis que de l'eau de source est distribuée dans toutes les maisons (Dr A. Gavino).

Dans sa brochure sur les eaux de Reims, M. le Dr H. Lajoux, directeur du laboratoire municipal, rapporte que les engorgements glandulaires étaient si fréquents dans cette ville avant l'introduction des eaux de la Vesle, que les médecins déclaraient

qu'il n'y avait pas de ville en France où l'on put trouver autant de goîtres, de squirrhes, de cancers, d'écrouelles, de loupes, etc.; il n'y avait pas moins d'un goîtreux ou d'un cancéreux sur trois personnes, dit Thouvenel!

M. Gautier a consacré à l'étude étiologique du goître et du crétinisme plusieurs pages de son travail sur les eaux potables inséré dans l'*Encyclopédie d'hygiène* du Dr Richard (pp. 452 à 457).

Il rapporte qu'il existe des sources, en Savoie, où le principe toxique paraît s'être tellement accumulé, que les jeunes gens viennent *en quelques mois* y acquérir cette hideuse difformité dont ils attendent l'exemption du service militaire. Il y a quelques années dans un régiment de jeunes hommes bien portants en garnison à Genève, tous les soldats furent pris en peu de temps d'hypertrophie du corps thyroïde pour avoir bu exclusivement l'eau malsaine d'une pompe de leur caserne : cet accident disparut quand ils recoururent à une autre boisson (Goindet). D'autre part, il existe, au dire de Boussingault, dans les Andes de l'Amérique du Sud des familles entières qui se préservent du goître, *au milieu des pays infectés*, en buvant exclusivement de l'eau qu'elles envoient recueillir dans des lieux qui ne sont pas atteints par l'endémie.

Il semble donc évident que l'eau joue un rôle prépondérant dans la genèse et la propagation de l'affection, mais les diverses hypothèses émises jusqu'ici sur la nature du contage ne semblent pas résister à l'examen attentif des faits.

C'est ainsi que M. Gautier démontre successivement que le goître n'est dû ni à la pureté ou à la fraîcheur des eaux de montagne, ni à la désaération, ni à la présence du sulfate de chaux, ni aux sels magnésiens, ni au manque d'iode, ni enfin aux matières organiques, mais bien " à un microbe spécifique (lequel?) préexistant dans le sol qui le transmet aux eaux ".

Voici, du reste, en leur entier, les conclusions de son article sur ce sujet :

" Quand on étudie le développement de cette endémie, on la voit suivre certains terrains et paraître incompatible avec certains autres. Ainsi, les gneiss, les granits, semblent ne point se prêter au développement du miasme spécifique. Les formations calcaires et surtout dolomitiques, les terrains d'alluvion, favori-

sent au contraire sa production. Si dans un même pays la nature du sol vient à varier, on voit paraître ou disparaître le goître chez des populations qui boivent les mêmes eaux, vivent sous le même ciel et sont soumises aux mêmes conditions hygiéniques. C'est ce qui arrive pour les rives gauches dolomitiques du Pô et de l'Isère couvertes de goîtreux, comparées aux rives droites appartenant à une autre formation géologique et préservées de cette affection. Il paraît même que certains sols s'imprègnent si fortement du poison qu'ils peuvent le transporter ensuite avec eux. Ainsi, l'on voit apparaître le goître là où les débordements des torrents ont amené les terres et les détritus des pays envahis par la maladie. Bien plus, il semble que les miasmes peuvent être enfouis sous des terres neuves non infectées et y disparaître : témoin ce fait bien remarquable du village de Martigny, dans le Valais, l'un des plus ravagés par l'endémie jusqu'au commencement de ce siècle, aujourd'hui presque absolument à l'abri depuis qu'une grande avalanche a roulé des montagnes une quantité énorme de terres vierges et de cailloux qui ont rehaussé de plus d'un pied le sol de toute la commune. Tous ces faits tendent à prouver que c'est dans les terres des pays goîtreux que se *procrée* (1), sous l'influence sans doute d'une fermentation putride spéciale, un agent toxique, un *microbe spécifique*, dont les eaux deviennent accidentellement le véhicule après s'en être chargées au contact du sol infecté „.

Terminons cet exposé par deux faits d'un haut intérêt pour tous ceux qui se préoccupent de la question du contage par l'eau.

Avant 1853, la ville de Chaumont était alimentée par un réservoir situé en contre-bas et dans lequel s'infiltraient une partie des eaux résiduelles de la population. La fièvre typhoïde y sévissait violemment et endémiquement. Après bien des efforts, M. le Dr Michel parvint à faire supprimer l'usage des eaux de ce réservoir et à les faire remplacer par des eaux de source très pures : aussitôt la maladie s'atténua puis disparût. *Vingt ans* après, la municipalité ayant repris la distribution des anciennes eaux, la fièvre typhoïde reparut avec une intensité telle que le réservoir fut de nouveau et définitivement condamné.

(1) Par génération spontanée alors ?! A. Z.

En *1870*, deux régiments en garnison à Metz furent décimés par une grande épidémie de nature cholérigène. Les puits, contaminés par les latrines, ayant été fermés, la maladie s'arrêta net. En *1881*, d'autres troupes se servirent de nouveau de ces mêmes puits : immédiatement, les diarrhées sévirent avec une si grande intensité, que les puits furent aussitôt condamnés. Cette mesure suffit pour rétablir la santé des hommes (Dr Read, *in* Tiemann et Gartner, *loc. cit.*, t. II).

Faisant abstraction des éléments figurés ou vivants, tels que les œufs et larves d'entozoaires ou d'hématozoaires au sujet desquels toute discussion est inutile, nous avons à examiner si le contage est ou microbien ou toxique, c'est-à-dire en d'autres termes, à voir si l'eau corrompue *prédispose* l'organisme à la maladie, le met en *imminence* de péril, ou si elle agit *directement* par des bactéries pathogènes ou réputées telles, qu'elle contient.

Si la présence constante de ces bactéries dans les eaux incriminées avait été mise hors de doute à l'origine et même au cours des épidémies ou des endémies qui leur sont attribuées et si en outre elle était toujours suivie de l'éclosion de l'une ou l'autre affection correspondante, ce problème serait résolu et les hygiénistes les plus réfractaires à la théorie microbienne devraient forcément en reconnaître le bien fondé; mais les observations relatives à la découverte des bacilles d'Eberth et de Koch sont non seulement très peu nombreuses comparativement au nombre de cas de choléra ou de fièvre typhoïde signalés, mais encore très douteuses.

Telle est par exemple l'observation de MM. Brouardel et Thoinot, relative à la violente épidémie de fièvre typhoïde qui a sévi au Havre en 1887-1888 : M. Thoinot n'a pas découvert le bacille d'Eberth dans les eaux, ses recherches n'ayant été entreprises qu'après la disparition de l'affection, mais il a constaté que celles-ci contenaient quantité d'autres bacilles et il en a conclu que le premier avait dû ou pu s'y trouver à l'origine et qu'il y avait été introduit à la suite de l'épandage, sur le plateau de Gainneville, en 1886 et 1887, des tinettes venues du Havre (voir chapitre IV, § I ci-après).

Telle également celle de M. Dionis des Carrières, où l'on a

conclu à la présence du bacille dans l'eau du puits d'une maison où la fièvre typhoïde sévissait, parce que ce puits était en communication avec un second dans lequel le bacille a été découvert mais dont les eaux sont restées inoffensives.

Nous avons vu, d'autre part (pp. 236 et suiv.) combien difficile était et surtout devenait la diagnose du bacille d'Eberth dans les eaux, eu égard à la présence de nombreuses espèces *pseudo* typhiques ; c'est ainsi que M. Cassedebat, qui a vainement cherché le premier dans les eaux de Marseille, où l'affection est pourtant endémique, mais en a par contre rencontré trois autres qui lui ressemblaient sous presque tous les rapports, termine son étude en reproduisant et faisant sienne l'opinion de Weichselbaum — à qui l'on doit également la découverte de plusieurs bacilles pseudo-typhiques — “ qu'il est prudent de se méfier des assertions de tous ceux qui ont découvert le microbe d'Eberth dans les eaux sans avoir étudié profondément, et comparativement avec lui, tous ceux qui présentent des caractères que l'on donne comme distinctifs de ce bacille „.

Mais admettons un instant comme réellement démontrée, l'existence des bacilles coupables dans les eaux incriminées. S'ensuit-il nécessairement que leur caractère ou leur action pathogénique ne puisse être contesté ?

Le choléra et la fièvre typhoïde sont des affections qui éclatent généralement d'une manière brusque et atteignent rapidement un très grand développement ; or, d'où proviennent les premiers germes ? Deux hypothèses principales ont été émises à ce sujet. Suivant l'une, ils peuvent séjourner *vivants et virulents* pendant plusieurs années dans le sol et amener ultérieurement *des foyers cholériques*. C'est ainsi que le choléra qui a sévi cette année à Paris et surtout dans la banlieue, serait dû à des germes *conservés* depuis la dernière épidémie de 1884. Cette hypothèse, exposée et défendue avec talent par M. le Dr Daremberg dans son récent ouvrage sur *le Choléra*, l'illustre Pasteur l'a faite sienne dans une récente communication à l'*Académie des Sciences*.

La seconde, dont le célèbre bactériologue allemand Koch est l'auteur et qui compte parmi ses protagonistes des savants comme l'éminent doyen de la Faculté de médecine de Paris, M. Brouardel, est basée sur la contamination des eaux par les

déjections de cholériques ou de typhiques venus du dehors. C'est la théorie de l'*importation* opposée à celle de la *reviviscence*, théories que les éclectiques réunissent suivant les circonstances, de telle sorte que le choléra par exemple — nous entendons le choléra asiatique — peut être ou autochtone ou exotique. Toutes deux supposent la préexistence des germes dont il s'agit et ne résolvent, ni l'une ni l'autre, le problème de leur origine. Mais passons sur ce point et examinons-les dans leur ensemble.

Que des germes quelconques, pathogènes ou non, puissent rester dans le sol à l'état vivant, c'est un fait que notre éminent maître et ami, M. le professeur Béchamp, a mis depuis longtemps en lumière et hors de toute contestation par la découverte des mycrozymas de la craie de Senlis : les infiniments petits dont nous parlons, vivent de peu et la perpétuation indéfinie de l'espèce n'a rien qui doive nous surprendre; mais il importe, croyons-nous, de tenir soigneusement compte des conditions spéciales et de la lutte pour l'existence qui existe aussi bien pour eux que pour tout ce qui a vie. Or, il a été prouvé par des recherches variées et déjà assez nombreuses que certains microbes parmi lesquels se place en première ligne le bacille de Koch, résistent peu aux intempéries et surtout à l'armée des saprophytes vulgaires qui ont tôt fait de les détruire aussi bien dans la terre que dans l'eau.

Citons quelques documents, le sujet en vaut la peine.

En ensemençant des eaux de diverses natures : stérilisées, plus ou moins polluées, stagnantes ou courantes, les unes à 8 ou 10°, les autres à 16, 20, 25° C, Meade Bolton, Hochstetter, Hueppe, Strauss et Dubarry, Kraus, Karlinski, di Mattei, Emmerich, Pinto, etc., ont vu que le bacille typhique disparaissait plus ou moins rapidement suivant les circonstances : 2 à 5 jours ici, 15 à 30 là, 80 à 100 ailleurs, mais jamais plus.

Exemple : J. Karlinski fait curer complètement une citerne dans laquelle il introduit ensuite 300 litres d'eau de puits, relativement pure et pauvre en germes. Tous les quatre jours, on ajoute à cette eau 150 cc. de selles typhiques renfermant de grandes quantités de bacilles d'Eberth et des analyses quotidiennes sont effectuées. Or on cesse, à *partir du 12e jour*, d'avoir des colonies typhiques; par contre le nombre de bacté-

ries banales avaient prodigieusement augmenté, étouffant, tuant sans aucun doute les autres.

Le bacille du choléra se comporte de même, mais paraît cependant, dans certains cas du moins, résister un peu mieux : ainsi Wolfhugel et Riedel en ont trouvé au bout de 7 à 12 mois, Hochstetter et Pfeiffer, après 12 et même 13 mois, tandis que Nicati et Rietsch, Strauss et Dubarry, Kanlinsky, l'ont vu périr au bout de 3 à 14 et 20 jours.

Si l'on remarque que les cas de survie supérieure à 3 mois sont excessivement rares tant pour le bacille d'Eberth que pour le bacille de Koch, et si, d'autre part, on se rappelle que des épidémies de fièvre typhoïde, de diarrhée chólériforme, etc., ont éclaté presque subitement *10* et *20* ans (cas des Drs Read et Michel) après la réouverture de puits et de réservoirs contaminés, n'est-on pas en droit d'affirmer que si l'infection *peut* être de nature microbienne déterminée, elle *est* aussi et incontestablement toute autre?

A moins pourtant de soutenir que tous les microbes peuvent devenir pathogènes !

Les expériences, peu nombreuses du reste, relatives à la conservation des bacilles dans le sol ne sont pas plus favorables que les précédentes à la théorie microbienne. On peut supposer une reviviscence à longue échéance, mais jusqu'ici, il n'a pas été *prouvé* que les bacilles pathogènes fussent restés *vivaces* — je ne dis même pas *virulents* — plus de 6 mois à 1 an.

Aussi doit-on, avant d'admettre la reviviscence de ces organismes au bout de plusieurs années d'enfouissement dans le sol ou de végétation à la surface, s'entourer de tous les documents et de toutes les preuves capables de ne laisser planer aucun doute dans l'esprit du lecteur. Le fameux *Magister dixit* de l'école scolastique ne peut convaincre, de nos jours, que ceux qui ont intérêt à être convaincu ou ceux, encore très nombreux il est vrai, qui trouvent plus facile, plus commode de croire que de vérifier.

La théorie de l'*importation* prend son origine dans l'histoire des épidémies qui nous sont venues de l'Orient et dont la marche a pu être suivie à travers les siècles comme à travers l'espace; toute la différence — il est vrai qu'elle est énorme — c'est qu'ici

l'on substitue l'eau à l'air : un navire ou un bateau quelconque, fût-ce même une simple barque non pontée, arrive dans un port : Hambourg, le Havre, Anvers par exemple, ayant à bord un ou plusieurs cholériques et immédiatement le fléau éclate et fait souvent, en quelques jours ou en quelques semaines, des centaines, des milliers de victimes : les déjections du ou des premiers atteints ont été, dit-on, jetées dans le fleuve et en ont contaminé les eaux.

On s'est souvent moqué de l'homœpathie et de l'infinitésimalité de ses doses, mais franchement n'aurait-on point le droit d'agir de même dans l'espèce? Peut-on admettre, en effet, que quelques milliers, mettons même quelques millions ou encore quelques milliards si l'on veut, de microbes répandus disséminés, dans des millions ou des milliards de mètres cubes de liquide puissent atteindre toute une population? Puis combien de cas isolés, sporadiques ne constate-t-on pas annuellement et même pour ainsi dire journellement, ici ou là, sans qu'une épidémie s'en suive? Et lorsque celle-ci sévit est-on toujours certain de découvrir le navire importateur?

On peut objecter et on l'a fait du reste, notamment M. Koch, que nos grandes villes ne sont jamais indemnes de fièvre typhoïde (1) et que leurs eaux d'égout contiennent toujours des matières fécales provenant de typhiques, autrement dit le virus infectieux de la dothiénenthérie. Nous retombons alors dans le cas que nous venons d'examiner, d'une infection d'une masse considérable de liquide par de petites quantités de virus, avec cette seule différence que celui-ci est produit sur place au lieu d'être amené du dehors.

Serrons donc la question de plus près encore et admettons la possibilité de la contamination, c'est-à-dire une virulence telle des bacilles en cause qu'il suffise, ô terreur ! d'avaler un seul germe dans une gorgée d'eau pour tomber malade et même s'en aller *ad patres*.

Mais alors comment expliquer des faits comme ceux que voici?

(1) C'est peut-être exact pour la fièvre typhoïde, mais ce n'est certes pas le cas pour le choléra asiatique.

a) Le 21 septembre 1892, neuf cas suspects de choléra sont signalés au nº 4 de la rue des Ecoles à Anvers; immédiatement la commission médicale locale intervient et fait évacuer et désinfecter la maison de fond en comble, ainsi que le puits dans l'eau duquel un bactériologue de la ville déclare avoir rencontré le bacille virgule. Une enquête immédiate établit que le choléra avait été apporté dans la maison par un ouvrier du port habitant au deuxième ou troisième étage et que parmi les personnes frappées on n'en trouvait aucune du rez-de-chaussée, où était installé un débit de liqueurs, ni du premier étage. On constata en outre que le contenu d'un vase de nuit avait été jeté dans la cour par les fenêtres et que des matières fécales avaient pu s'introduire dans le puits par la rigole qui entourait l'ouverture, celle-ci étant incomplètement fermée. En poursuivant les recherches, on s'aperçut en outre et non sans une vive appréhension, que le puits était commun à un groupe de quatre maisons : les nºs 4, 6 et 8 de la rue des Ecoles et 3 de la rue Franck-Decort, habitées par 21 ménages d'un ensemble de 70 personnes et qu'aucune, *absolument aucune*, en dehors des neuf déjà citées, n'avait été même un seul instant indisposée; cependant toutes avaient bu de l'eau pendant plusieurs jours après l'évacuation du nº 4.

Or l'enquête établit que le premier malade avait été pris, en montant l'escalier et à hauteur du deuxième étage, de vomissements assez abondants et que les matières rejetées étaient restées sur les marches pendant deux ou trois jours et s'y étaient desséchées, de telle sorte que les locataires du deuxième et du troisième avaient dû les entraîner et les avaler ou tout au moins les respirer, tandis que ceux du premier et du rez-de-chaussée n'y avaient pas touché. L'analyse chimique de l'eau du puits n'ayant pas été faite, que nous sachions du moins, il nous est impossible de nous prononcer sur le degré de contamination *organique* de cette eau, mais il est évident qu'il n'a pas dû être très prononcé.

Ce fait, qui n'est certainement pas isolé, n'est évidemment pas tout à fait péremptoire, attendu qu'il se peut fort bien que le microbe découvert dans le puits et considéré comme étant le bacille de Koch, ne fut qu'un vulgaire saprophyte et que le fait, possible mais non cependant démontré, de la contamination par les matières vomies réduites en poussière, n'exclut pas l'idée de

virulence microbienne; mais les observations suivantes sont à l'abri de ces objections.

b) M. Bochefontaine a avalé impunément des pilules contenant des déjections cholériques et M. von Pettenkofer, bien qu'âgé de 75 ans, n'a pas craint d'absorber 1 cc. de culture pure de bacille-virgule venant de Hambourg et contenant à peu près un milliard d'individus; en même temps et pour éviter l'action de l'acidité du suc gastrique, très préjudiciable au bacille, il prit une solution de bicarbonate de soude. Or, il eut seulement un peu de diarrhée pendant un jour, bien qu'il rendît des milliards de bacilles dans ses selles en plusieurs jours. MM. Klein, Balfour, Emmerich, Hasterlick, Gatchkowky, Klemperer, Sawtchenko, Zabolotny et d'autres encore, se sont soumis à semblable épreuve et ne s'en portent pas plus mal. Enfin, tout récemment encore, M. Metch et M. Latapie, son aide de laboratoire à l'Institut Pasteur, ont avalé une première puis une seconde fois, à six jours d'intervalle, 1/2 cc. de culture du même bacille de Hambourg sans autre inconvénient qu'un peu de diarrhée!

A cela on objecte que les cultures sont fortement atténuées et que le danger est autrement grand lorsqu'il s'agit de bacilles ayant séjourné dans l'eau ou dans le sol! Nous prions instamment le lecteur de croire que nous ne plaisantons pas; voici, en effet, comment s'est exprimé sur ce sujet M. le Dr Reuvens, dans une des dernières séances (décembre 1893) de l'*Académie de Médecine* de Berlin :

“ Le vibrion cholérique d'origine humaine est bien moins dangereux pour l'homme que le vibrion saprophytique du choléra qui se trouve soit dans l'eau, soit dans le sol. „ (In. *Sem. Médicale* de Paris.)

Nous signalons, nous ne discutons pas.

Et maintenant, concluons avec l'un des plus grands cliniciens de notre époque, feu le professeur Peter, que les maladies infectieuses comme le choléra, la fièvre typhoïde, la malaria, etc., sont la résultante de deux facteurs au moins, avec ou sans bacilles, savoir : l'altération du milieu interne, de l'organisme, puis celle du milieu ambiant, c'est-à-dire de l'atmosphère, du sol et de l'eau. “ Le germe, disait ce regretté maître dans l'une de ses

dernières leçons à l'hôpital Necker, c'est nous qui le douons de ses propriétés malfaisantes, c'est notre milieu interne, devenu malade, qui l'imprègne d'une humeur virulente fabriquée en nous et par nous : la preuve en est fournie par le bactérium coli, de saprogène rendu pathogène et devenant colporteur de dissémination, charriant la dothiénentérie, la dysenterie ou le choléra, suivant le milieu morbide d'où il sort. „ (In. *Sem. Médicale*, février 93, p. 102).

C'est peut-être beaucoup pour un seul microbe, mais en fait, il a été rencontré seul dans bien des cas de fièvre typhoïde (Rodet, G. Roux et Vallet), de choléra (Lesage et Macaigne), tout comme dans les diarrhées les plus simples et dans les selles les plus normales. Aussi croyons-nous, jusqu'à preuve absolue du contraire, que si la contamination d'un puits, d'une citerne ou d'une mare par des matières fécales de provenance *suspecte* peut, de même que toutes autres matières animales en putréfaction, provoquer des accidents isolés, celle d'une rivière, d'un fleuve, d'un lac, etc., est absolument insuffisante pour déterminer, au moins dans nos contrées, des affections épidémiques telles que celles dont nous venons de parler à de si nombreuses reprises, et qu'il y a lieu de se préoccuper surtout des causes d'altérations mentionnées au chapitre précédent et des mesures à prendre pour les supprimer ou pour en atténuer les conséquences. La bactériologie y perdra certes de l'importance considérablement exagérée que beaucoup ont voulu lui accorder ou faire accorder, mais l'analyste devra toujours y recourir de même qu'aux recherches et aux dosages chimiques et micrographiques pour pouvoir se prononcer sur la valeur d'une eau, la nature ou l'origine de ses impuretés, etc.

CHAPITRE IV.

DIVERS MODES DE PURIFICATION DES EAUX.

I. — Naturels.

L'aération et surtout l'oxygénation, le mouvement, la lumière, certaines plantes, telles que les algues vertes par exemple, constituent d'importants facteurs de la purification naturelle des eaux de surface, mais le plus important est bien certainement encore, si l'on se place au seul point de vue microbiologique, la filtration à travers le sol. Il résulte, en effet, des recherches et des expériences de nombreux savants, qu'une épaisseur de terrain de 6 à 8 mètres suffit pour arrêter tous les éléments en suspension dans une eau, y compris les microbes les plus ténus. Il importe toutefois de ne pas perdre de vue qu'il y a terrains et terrains; ainsi le crétacé, par exemple, ne doit inspirer qu'une confiance très médiocre et absolument relative, et ce en raison des nombreuses fissures, fentes, crevasses, etc., dont il est sillonné, ou des bétoires naturels ou artificiels qui s'y rencontrent fréquemment. Un fait assez récent et pris entre cent autres le prouve à toute évidence.

M. le Dr Thoinot, de Paris, bactériologiste très distingué, ayant été chargé, avec M. le professeur Brouardel, d'une enquête relative à l'épidémie de fièvre typhoïde dont nous avons parlé page 292, a reconnu que les eaux de la nappe aquifère de Catillon, située sous le plateau de Gaineville à environ 48 mètres de profondeur, plateau à la surface duquel on répandait les tinettes du Havre, ne contenaient pas moins de 470,000 microbes par litre, et que la source de Sanvic, recouverte par plus de 25 mètres de ce même terrain, se trouvait à peu près dans des conditions aussi peu satisfaisantes.

Mais la filtration au travers du sol et du sous-sol n'a pas pour

unique conséquence de séparer les matières en suspension; elle peut en outre, si les circonstances sont favorables, améliorer l'eau par oxydation lente des nitrates, des matières organiques, etc., qu'elle avait dissous dans l'atmosphère ou dans son passage, sur les terrains pollués, oxydation qui s'effectue soit par le concours de l'oxygène, soit par certains microorganismes qualifiés, *à tort* du reste, de microbes *réducteurs*.

La purification naturelle des eaux est d'autant plus rapide qu'elles sont plus oxygénées, qu'elles se renouvellent plus promptement et sont soumises à l'influence d'une plus grande quantité de lumière et de mouvement. C'est ainsi que les eaux des fleuves, rivières, etc., à courant rapide, à lit rocailleux, à rives accidentées, sont rarement impures, sauf à proximité des lieux où se produit la contamination.

Par contre celles qui s'écoulent lentement ou dont la stagnation est plus ou moins complète, restent beaucoup plus longtemps impures ; même lorsqu'elles sont exposées à l'air et sur une large surface et *à fortiori* lorsqu'elles sont souterraines, les eaux stagnantes se purifient avec une très grande lenteur.

Il y a cependant lieu de faire quelques exceptions. Ainsi, lorsque ces eaux sont agitées par des courants intérieurs non susceptibles de soulever des vases, c'est-à-dire d'augmenter et d'entretenir la pollution, elles s'améliorent beaucoup plus rapidement que si elles restaient en repos. Il en est encore et surtout de même pour celles qui contiennent de grandes quantités de plantes vertes, génératrices ou productrices comme on voudra, d'oxygène naissant dont l'action destructive est très puissante.

Un dernier mode de purification, au moins indirecte, des eaux profondes est basé sur le voisinage d'eaux superficielles de plus grande pureté que celles de la nappe souterraine avec lesquelles elles peuvent, si les circonstances sont favorables, se mélanger. L'action purificatrice est d'autant plus profonde alors que les eaux superficielles sont plus pures, qu'elles filtrent plus aisément à travers la couche de terrain qui les sépare des eaux profondes et, enfin, que celles-ci s'épuisent plus rapidement. Par exemple les eaux de puits d'une grande ville, dont la consommation journalière est considérable, pourraient être profondément améliorées par celles d'une rivière coulant à proximité et communi-

quant avec la nappe souterraine qui alimente ces puits. (Il va de soi que la proposition inverse est tout aussi exacte, c'est-à-dire qu'il pourrait se produire de même une pollution plus ou moins prononcée, surtout dans le cas de terrains crétacés ou encore de terrains quelconques fissurés.) Les eaux chargées de matières humiques, telles que celles qui proviennent des terrains tourbeux, anthraciteux, etc., sont purifiées par leur mélange avec des eaux fortement calcaires, soit que la chaux précipite les matières organiques dissoutes, soit qu'elle les détruise ou les décompose.

II. — Artificiels.

L'épuration artificielle des eaux est basée sur le repos, la filtration simple ou composée, diverses réactions chimiques suivies ou non de filtration et, enfin, l'ébullition.

1° **Purification par le repos.** — Elle est tout à fait exceptionnelle et ne peut guère servir qu'à la séparation des sédiments relativement volumineux ou denses, mais elle peut rendre des services lorsqu'elle est combinée à la filtration, parce qu'alors les filtres s'encrassent moins vite et fonctionnent plus régulièrement. Il est pourtant un cas où elle doit être forcément employée et où elle réussit du reste généralement bien. C'est lorsqu'il s'agit d'eaux de citernes. Toutefois il est indispensable, si l'on veut obtenir des résultats satisfaisants, de ne faire usage que de réservoirs assez grands pour qu'il reste toujours au fond, quelle que soit l'importance de la consommation, un tiers au moins du volume total du liquide, sinon les sédiments déposés peuvent être, à un moment donné, remis en suspension et rendre l'eau plus trouble qu'auparavant (voir litt. 3° ci-après).

2° **Filtration simple.** — A pour but exclusif la séparation des matières en suspension et spécialement des microbes. Comme moyens, on a préconisé et employé, dans ces derniers temps surtout, les filtres de sable à base de cailloux, gros et fin graviers, sable fin en couches d'épaisseur et de dimensions variables. Les résultats ne sont pas précisément des plus satisfaisants : on parvient bien, il est vrai, à séparer la plus grande partie des micro-organismes, mais il en reste toujours un certain nombre, de telle sorte qu'une des plus hautes autorités scientifiques en la matière,

M. Koch, considère ces filtres comme parfaits, ou tout au moins comme fonctionnant dans les meilleures conditions, lorsqu'ils ne laissent point passer plus de **100** microbes par centimètre cube ; en général, on peut admettre cependant que ce chiffre n'est pas atteint, mais le moindre dérangement survenant, et Dieu sait avec quelle facilité cela arrive, la sécurité, déjà toute relative qu'ils inspirent, devient tout à fait illusoire.

Les galeries filtrantes naturelles, combinées ou non avec les filtres de sable, sont également employées à la purification des eaux. C'est ainsi, par exemple, que la ville de Lyon ne boit guère d'autre eau que celle du Rhône, sur les bords et à quelque distance duquel on a creusé des galeries filtrantes dans le sous-sol. Il paraît que les actionnaires de la Compagnie des eaux ne s'en plaignent pas, — peut-être du reste n'en boivent-ils jamais — mais les consommateurs à qui nous avons eu l'occasion d'en parler il y a deux ans, étaient loin d'être satisfaits. Un fait, bien typique, nous a été du reste signalé à ce sujet : les restaurants de Lyon qui sont assez favorisés du sort pour posséder de bons puits, font tous fortune !

Dans les ménages ou dans les établissements publics ou privés : hôpitaux, casernes, écoles, etc., on peut employer des filtres en grès, en pierre, en porcelaine ou biscuit, en amiante, etc. Tous sont bons et tous sont mauvais, suivant les conditions de construction, de fonctionnement et d'entretien. Ainsi les fameux filtres Chamberland par exemple, qui, à l'origine, étaient considérés comme le *non plus ultra* de tous les systèmes de filtres domestiques, n'ont pas résisté à un examen quelque peu sérieux : ils s'encrassent facilement et avec une rapidité proportionnelle à la pression à laquelle ils sont soumis pendant le fonctionnement, n'apportent une barrière absolue au passage des germes que pendant un temps variable et parfois très court, et peuvent en outre, chose plus grave, présenter des fissures, des solutions de continuité invisibles à l'œil nu et qui rendent leur efficacité absolument fictive. Bref, une bougie Chamberland peut rendre de précieux services au biologiste qui sait la surveiller, mais quant à prétendre à l'idéalité comme filtre ordinaire, c'est une toute autre affaire.

3° **Filtration composée.** — Elle est basée sur l'emploi de

filtres contenant des substances que les inventeurs affirment être d'une efficacité absolue pour la purification de l'eau, non seulement au point de vue microbique, mais encore au point de vue chimique. Parmi les diverses substances employées dans la construction des filtres domestiques, deux ou trois seulement méritent de retenir un instant l'attention du lecteur : ce sont le fer spongieux et le charbon végétal, seul ou mélangé au calcaire. Ils peuvent, comme tous les autres, rendre de sérieux services en passant et à défaut d'autre chose, mais ils doivent être surveillés avec soin, et d'autant plus fréquemment renouvelés que les eaux à filtrer sont plus impures. Nous avons pu tout récemment encore, pendant notre séjour estival à Ostende, nous convaincre des graves dangers qu'ils peuvent présenter lorsqu'ils ont fonctionné pendant quelque temps. Un grand nombre de maisons de cette cité balnéaire sont exclusivement alimentées d'eaux de pluie recueillies dans des citernes *ad hoc;* ces eaux, pour la plupart du moins, sont remplies de poussières de charbon, de suie, etc., et doivent être filtrées pour pouvoir être utilisées à la consommation. Pendant neuf ou dix mois de l'année cette situation ne présente, que nous ne sachions du moins, aucun inconvénient; mais pendant les mois de juillet et d'août, alors que les pluies sont souvent très rares et qu'une affluence considérable de visiteurs centuple la consommation courante, les réserves sont tôt épuisées et les filtres d'autant plus rapidement surchargés que le niveau d'eau baisse davantage dans les réservoirs, dont le contenu, fréquemment agité par le jeu des pompes, sort de plus en plus trouble, souvent même absolument boueux. Les propriétaires qui possèdent plusieurs filtres peuvent encore fournir, en les rationnant il est vrai, de l'eau convenable à leurs locataires, mais les autres, et ils sont plus nombreux qu'on ne croit, sont obligés de remuer le contenu des filtres en vue d'activer la filtration, et alors il en sort quelque chose d'absolument inénarrable, surtout au point de vue microbique.

Un second exemple des difficultés et des dangers de la filtration nous a été fourni l'été dernier également, cette fois sur une grande échelle par la ville d'Anvers, dont l'eau de distribution, puisée dans la Nèthe, est filtrée et purifiée par un système de filtres basé sur l'emploi du fer métallique et d'appareils rotatifs les

plus puissants et les plus perfectionnés (nous parlons d'après les rapports et les journaux). C'est ainsi qu'on peut lire dans une brochure descriptive, datée de 1889, que " grâce au purificateur rotatif, *l'eau des rivières, fleuves et lacs*, dont la pollution excluait l'emploi, *est rendue utilisable comme source d'eau potable* „, et " qu'il suffit de 3 1/2 minutes de contact avec le fer dans le purificateur rotatif et d'un filtrage rapide au sable, pour *transformer ces sources d'approvisionnement si commodes en eau potable rivalisant avec les eaux de source les plus pures et les plus hygiéniques.* „

Hélas! trois fois hélas! que sont devenus ces éloges dithyrambiques, dont les échos allaient en se répercutant dans les journaux et les sociétés scientifiques jusque dans les premiers jours de 1893, en présence du tolle qui s'est élevé au sein de la population et de la presse anversoises dans le courant du mois de juillet dernier, tolle si formidable que l'administration dut laisser rouvrir dare dare des puits qu'elle avait condamnés comme insalubres ou dangereux, tant l'eau *filtrée* et *purifiée* de la distribution était devenue... soyons modéré : imbuvable.

Juste retour des choses d'ici bas, eussent pu s'écrier les Naïades des puits anversois, et qui prouve une fois de plus combien près du Capitole se trouve toujours la roche Tarpéienne!

En résumé la filtration naturelle peut, seule, donner des résultats sérieux au point de vue microbiologique, mais il ne suffit pas que la nappe aquifère soit pure; il faut encore et surtout que ses eaux soient amenées telles à portée du consommateur, c'est-à-dire que les galeries, les réservoirs et les tuyaux de la canalisation soient parfaitement étanches et disposés en outre à une profondeur suffisante pour éviter l'action des perturbations atmosphériques.

Mais ceci est évidemment du ressort de l'ingénieur.

Quant aux puits, les seuls qui puissent être recommandés sont ceux qui consistent en un seul tuyau en fonte ou en grès, dans lequel l'eau est puisée au moyen d'une pompe. Les puits ordinaires doivent être condamnés. " Alors même qu'ils sont clos à leur partie supérieure, alors même qu'ils sont voûtés, la maçonnerie, à laquelle on ne peut donner de bases solides, et qui re-

pose nécessairement sur un sol imprégné d'eau, finit par jouer dans toute sa hauteur, et par faire du puits un appareil de drainage pour toute la région du sol avoisinante. Comme c'est près du puits qu'on lave le linge, comme le puits est toujours voisin des bâtiments d'habitation ou d'exploitation, son fond finit par se couvrir d'une couche de boue chargée de matières organiques. A plus forte raison s'il est découvert, et s'il peut recevoir ainsi des cadavres d'insectes ou d'animaux, ou des feuilles mortes. Tout puits si hermétiquement clos qu'il soit, est d'ailleurs envahi par la végétation, et le résultat de toute végétation est nécessairement un fumier „ (Duclaux).

C'est également l'avis que vient d'émettre Koch au cours d'un long article sur la filtration des eaux potables, et c'est aussi le nôtre.

Nous avons surtout examiné jusqu'ici la question au seul point de vue des éléments en suspension, sans nous préoccuper autrement qu'en passant des substances dissoutes, mais si l'on admet — et il nous paraît difficile qu'il puisse ne pas en être ainsi, — la nocuité des matières organiques, animales ou végétales, en voie de décomposition ou en pleine putréfaction, ainsi que des toxines : leucomaïnes, ptomaïnes, etc., qu'elles produisent ou peuvent produire, il est incontestable que la filtration est impuissante à supprimer le danger. Voyons si l'on peut y parvenir par d'autres moyens.

4° **Epuration chimique.** — Réussit bien en petit, mais n'a donné jusqu'ici que des résultats médiocres ou même fâcheux, lorsque l'on a tenté de l'appliquer sur une grande échelle. Parmi les agents chimiques utilisables, le choix est du reste très limité. En effet, il faut que le réactif précipitant soit inoffensif et qu'il n'en reste que des traces en dissolution après précipitation. Le fer n'a guère réussi, nous l'avons vu; quant à la chaux et au carbonate de soude, ils sont moins favorables encore et exigent en outre, pour leur emploi, des précautions très minutieuses afin d'éviter un excès qui deviendrait promptement nuisible.

Le charbon de bois, la braise de boulanger par exemple, vaut mieux lorsqu'il ne s'agit que de défécations passagères ou portant sur des volumes de liquide peu considérables.

Dans ces derniers temps, on a recommandé l'emploi simultané du permanganate de potasse (ou de soude) et du charbon de bois. Le procédé est attribué à M[lle] C. Chipilow (de Genève) et a fait le tour de la presse politique et scientifique. Le permanganate détruit les matières organiques et les microbes et rend délicieuse l'eau la plus infecte; il suffit de la traiter ensuite par de la braise bien propre et broyée dans un mortier également très propre pour absorber le permanganate en excès, après quoi on filtre et on peut boire.

Dans les mains d'un chimiste opérant dans son laboratoire et sur des quantités exactement pesées et mesurées de produits et de liquides, cela peut quelquefois réussir, par exemple lorsque l'eau ne contient que des matières organiques très facilement décomposables; mais pour qui sait combien il est parfois difficile de décomposer, même à 100° C., les matières organiques par le permanganate fortement acide ou alcalin, c'est une autre affaire.

5° **Ebullition.** — Portée aux nues par les uns, traînée aux gémonies par les autres, l'ébullition présente, comme la filtration, certains avantages mais aussi quelques inconvénients. Résumons brièvement les uns et les autres.

a) *Avantages.* — La chaleur détruit tous les microbes — dit-on — et précipite les sels calcaires en excès. Ajoutons encore qu'elle fait disparaître les toxines volatiles, les gaz anormaux, tels les hydrogènes carboné, phosphoré et sulfuré, et, enfin, qu'elle peut coaguler certaines substances albuminoïdes dangereuses et en supprimer ainsi les très sérieux inconvénients. Mais il est indispensable pour tout cela qu'elle soit suffisamment prolongée, bon nombre de microbes, surtout les sporulés, résistant parfaitement à l'action d'une température de 100° C. maintenue pendant 5, 10, 15 minutes et même 1 et 2 heures. Nous avons même vu page 256 que le *B. subtilis* se développait plus rapidement et plus énergiquement dans l'eau préalablement bouillie pendant 5 minutes ! Or il est extrêmement rare que le public, à qui l'on conseille de faire bouillir son eau de boisson, s'astreigne à continuer l'ébullition pendant plus de 2 à 5 minutes et encore. On voit que si, théoriquement, la destruction des infiniments petits est possible, pratiquement, elle ne le devient que très exceptionnellement.

Même observation en ce qui concerne les gaz anormaux; cependant, il est juste d'ajouter qu'une quantité à peine appréciable de ces gaz suffit le plus souvent pour donner aux eaux une odeur ou un goût assez désagréables pour les rendre suspectes et éviter leur usage comme eau de boisson.

La destruction des toxines volatiles et la coagulation de certains produits albuminoïdiques fixes ont une très sérieuse importance; aussi sommes-nous porté à croire que le principal avantage de l'ébullition est précisément là où on ne le voit généralement pas. Il explique, à notre avis, la pratique immémoriale des Chinois et de bon nombre d'autres peuples, qui consiste à ne boire que de l'eau bouillie dans laquelle ils font infuser du thé ou d'autres plantes aromatiques et tanniques dont l'action vient s'ajouter à celle de la chaleur. Que cette pratique soit empirique ou raisonnée, que son but soit même tout autre, peu importe : le fait de son existence en dit plus long que toutes les discussions auxquelles il pourrait donner lieu.

La disparition des sels calcaires en excès est considérée comme un avantage par tous les hygiénistes et surtout par les médecins. C'est là un grand argument en sa faveur, mais il ne doit cependant pas nous imposer au point d'opiner quand même et de passer outre. Examinons donc jusqu'à quel point on peut avoir raison et rappelons tout d'abord, pour excuser notre audace, *que rien ne peut prévaloir contre les faits.*

Certes, une eau qui contient des bicarbonates de chaux et de magnésie en quantité *considérable* sera améliorée par la précipitation de ces éléments; mais combien en trouve-t-on de semblables?

D'autre part, croit-on qu'une eau contenant des nitrates, sulfates, chlorures, etc., calcaires en excès, et c'est le plus souvent le cas, sera rendue meilleure par ébullition? Poser la question, c'est évidemment la résoudre... pour un chimiste, mais comme nous écrivons aussi pour le médecin et l'hygiéniste et que nous savons, *de science certaine*, — nous pourrions donner des noms, des dates, des faits — que bon nombre sont disposés à croire à une amélioration même dans ces conditions, nous tenons à les désabuser en leur déclarant nettement que l'ébullition ne présente, dans des cas semblables, que des inconvénients et *pas un seul avantage*, ainsi du reste que nous allons le montrer.

b) Inconvénients. — Sont bien certainement égaux aux avantages. En effet, l'ébullition désaère l'eau, en chasse l'acide carbonique et les bicarbonates dont le rôle, abstraction faite des cas exceptionnels où la proportion en est trop considérable, est si utile à la digestion; le liquide devient lourd, indigeste, déplaît au goût, ne calme plus la soif, etc.

Je sais bien que l'on a tenté, et même tout récemment encore, de réfuter ces critiques. Voici, notamment, les conclusions auxquelles aboutit M. Guinard, de Lyon, à la suite d'un travail entrepris spécialement en vue de démontrer que l'on a tort de reprocher quoi que ce soit à l'ébullition.

1° Contrairement aux préjugés existants, la richesse en sels d'une eau bouillie est toujours suffisante et diffère peu de celle de la même eau prise avant l'ébullition;

2° L'eau ne perd jamais la totalité des gaz qu'elle tient en dissolution, même après une ébullition prolongée, et il suffit de la refroidir au contact de l'air dans un endroit frais pour que la majeure partie des gaz chassés par la chaleur entre de nouveau en dissolution. (*Gaz. heb. de méd. et de chir.*, 10 septembre 1892, p. 434.)

Nous n'insisterons pas sur ce fait, de considérer comme un *préjugé* des *faits physiologiquement démontrés* par des savants comme Boussingault et A. Gautier; nous ne partageons pas entièrement, il est vrai, l'opinion de ces maîtres éminents, mais si l'on peut être en désaccord sur les chiffres, on doit s'incliner devant les principes

Dire ensuite que l'eau bouillie n'est guère appauvrie en sels par l'ébullition, c'est émettre une affirmation dont la valeur est absolument relative, une eau contenant $0^{g}366$ résidu fixe par litre avant l'ébullition et n'en retenant plus que $0^{gr}134$ après (eau de la ville de Bruxelles). C'est, par conséquent, conclure du particulier au général, ce qui n'est pas logiquement permis. M. Guinard a analysé une eau dont la teneur en matières fixes était égale à $0^{gr}15$ et qui, après avoir été bouillie, en retenait encore $0^{gr}12$, soit une perte de 8 p. c., alors que, dans mon cas, la proportion des matières précipitées s'élève à 63 p. c. environ.

Ajouter enfin qu'il suffit de refroidir l'eau au contact de l'air et dans un endroit frais pour lui restituer en majeure partie les gaz

disparus, c'est répéter un fait connu mais c'est aussi perdre de vue qu'après avoir tué ainsi une partie des microbes, on lui en restitue d'autres. On peut se demander ce que l'on y a gagné ou... perdu.

Comme *conclusions* à cette discussion, peut-être un peu longue, disons que les eaux de source seules, recueillies dans des conditions qui les mettent à l'abri de toutes souillures extérieures ou autres, devraient être exclusivement employées comme eaux de boissons et d'alimentation générale des populations, et ce partout où il est possible de s'en procurer de bonnes, quelles que puissent être les dépenses qui en résulteraient : la santé ne se paie pas.

Si la chose est *impossible*, il y aura lieu de se montrer très scrupuleux sur le choix des moyens à employer pour améliorer les eaux de surface ou les eaux de puits, et de tenir compte de toutes les observations qui précèdent ainsi que des faits que nous avons rapportés, faits qui démontrent, croyons-nous, que si le microbe est ou peut être quelque chose dans le contage, il est loin d'être tout.

CHAPITRE V

DISCUSSION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE.

I. — Caractères physiques.

1° **Aspect.** — Une eau potable doit être limpide, mais une eau limpide n'est pas toujours potable. En effet, la limpidité telle qu'elle peut être pratiquement constatée, n'exclut pas toujours la présence d'un petit nombre d'éléments nuisibles en suspension ; d'autre part, elle peut tenir en dissolution des substances salines ou autres plus ou moins dangereuses ou toxiques et ce tout en étant d'une limpidité parfaite, absolue même. Enfin, une eau contenant des matières en suspension n'est pas non plus nécessairement impropre à la boisson : cela dépend tout d'abord de la nature et de la quantité des dites matières et surtout du plus ou moins de facilité avec laquelle elles peuvent être séparées par filtration.

Les eaux de citernes, de fleuves, de rivières, de glaciers, etc., tiennent fréquemment en suspension des matières minérales ou organiques empruntées soit à l'atmosphère, soit aux terrains ou aux surfaces sur lesquels elles tombent ou elles coulent, mais il suffit le plus souvent de les conserver au repos pendant très peu de temps ou bien de les filtrer même grossièrement pour les rendre limpides et excellentes à boire.

Il importe donc d'établir une distinction entre les eaux troubles et de ne considérer comme étant impropres à la boisson ou aux divers usages domestiques, que celles qui ne se clarifieraient pas aisément, complètement ou qui contiendraient des éléments figurés vivants ou aptes à se développer dans l'organisme et à y provoquer des troubles plus ou moins intenses.

Ainsi par exemple, la présence de nombreuses et fines particules d'argile, de marne, de sulfure ou de sesquioxyde de fer, etc., devra faire considérer l'eau sinon comme étant absolument mau-

vaise, du moins comme très suspecte et ce en raison des difficultés et des lenteurs de la filtration.

Les eaux dans lesquelles on aurait constaté la présence de certains infusoires, algues et champignons incolores, œufs ou larves vermiformes, débris végétaux ou animaux paraissant provenir des égouts, fosses d'aisance, etc., seraient impitoyablement condamnées soit provisoirement, soit définitivement suivant que la contamination serait passagère, accidentelle, continue ou régulière.

Une grande quantité de microbes, la présence de certaines espèces considérées, à tort ou à raison peu importe, comme dangereuses, pathogènes, conduiront aux mêmes conclusions, et ce en raison des dangers qu'ils peuvent faire courir aux consommateurs, soit par eux-mêmes, soit par ce que leur présence implique une contamination antérieure ou actuelle de nature ou d'origine suspecte.

Il arrive parfois que des eaux absolument limpides au moment du puisage, se troublent plus ou moins fortement après leur exposition à l'air : c'est le cas, par exemple, pour certaines eaux sulfureuses et ferrugineuses recueillies au moyen de pompes ou puisées aux robinets de canalisation aux griffons, etc. Ici encore, la nature du trouble et son intensité devront entrer comme facteurs dans l'appréciation des résultats : ainsi on proscrira les premières même s'il s'agit de sulfures de fer, tandis que les secondes trouveront grâce devant l'hygiéniste si la quantité de fer n'est pas trop considérable.

Nous ne mentionnerons que pour mémoire le trouble blanchâtre dû à la présence de l'air dans les tuyaux de la canalisation des eaux recueillies sous pression, trouble qui disparaît du reste après quelques instants de repos.

Ajoutons encore, pour être complet, que le trouble d'une eau qui ne s'éclaircit pas par le repos serait l'indice, d'après le Dr Kubel (*Apot. Zeit.* 1892) d'une forte proportion de matières organiques.

2° **Coloration.** — L'eau doit être incolore, mais il en est de ce caractère comme du précédent : une eau n'est pas nécessairement mauvaise parce que colorée, ou potable parce que incolore. Les eaux jaunâtres ou d'un jaune brunâtre plus ou moins pro-

noncé que l'on consomme dans les pays à tourbières sont considérées comme excellentes par tous ceux qui en font usage; celles qui descendent des hauts plateaux granitiques des Andes et traversent les immenses forêts de l'Amérique du Sud, comme l'Amazone, l'Orénoque, etc., sont parfois presque noires, brunes ou d'un brun jaunâtre très prononcé et constitueraient cependant, d'après certains auteurs, d'aussi bonnes eaux potables que celles dont la teinte jaunâtre est due à des quantités sensibles de fer.

Il importe cependant d'ajouter que leur qualité est toute relative : elles ne sont pas dangereuses ni même mauvaises, soit, mais on ne peut dire non plus qu'elles soient bonnes, les matières ulmiques ou humiques auxquelles elles doivent leur coloration n'étant nullement nécessaires à l'organisme (Voir § III, litt. 10° ci-après).

Nous avons parlé plus haut du trouble blanchâtre, grisâtre ou gris-jaunâtre dû à la présence de fines bulles d'air, de soufre, fer, etc.; nous n'y reviendrons plus ici.

Quelques eaux présentent une teinte verdâtre, rougeâtre ou même franchement verte ou rouge. Ces colorations peuvent être dues soit à la présence de matières organiques en suspension ou en dissolution, soit à un grand excès d'oxyde de fer, soit enfin et surtout à des organismes microscopiques d'origine végétale ou animale (Voir § IV, pages, 344 et suivantes). Dans le premier cas, la teinte verte serait due, d'après H. Davy, au mélange de la teinte bleue des eaux pures vues en grandes masses et de la teinte jaune des matières organiques dissoutes et le phénomène serait fréquent dans les grands lacs alimentés par les eaux torrentueuses provenant de la fonte des neiges éternelles et des glaciers; cependant nous avons pu constater à Genève et ce à plusieurs reprises, que les eaux du lac Leman doivent la teinte verte ou verdâtre qu'elles prennent par endroits, non à des matières organiques dissoutes, mais à la couleur du sol qui constitue le lit du lac.

Dans les régions polaires, les bandes vertes si étendues et si tranchées des eaux proviennent, d'après Arago, de myriades de Méduses dont la couleur jaunâtre mêlée à la couleur bleue de l'eau, engendre le vert.

Dans le sud-ouest de la France, sur toute la partie du littoral

plantée de pins maritimes, toutes les eaux environnantes deviennent, pendant la période de la floraison, d'un vert pur ou d'un vert jaunâtre plus ou moins intense grâce à la présence d'innombrables pollens répandus à la surface : le fait nous frappa surtout vivement la première fois que nous longeâmes en barquette les rives de l'immense étang de Cazau, situé à quelques lieues d'Arcachon et presque entièrement entouré de vastes sapinières.

Dans la plupart des cas, une filtration convenable et même grossière suffit pour enlever les matières colorantes et restituer à l'eau toutes ses qualités hygiéniques, mais il ne faudra cependant pas oublier que la présence d'une grande quantité d'organismes ou autres peut constituer, à un moment donné, un danger d'autant plus sérieux qu'ils seront plus aisément altérables, que l'eau sera plus stagnante et la température plus élevée.

Une eau qui reste fortement colorée après filtration et dans laquelle on ne décèle point ou peu de fer ou de matières humiques, doit être tenue pour fortement suspecte, car la matière colorante provient généralement alors d'infiltrations de fosses d'aisance, à purin, à fumier, etc.

3° **Odeur.** — L'eau potable doit être inodore et rester telle, même après avoir été conservée pendant quinze jours et plus en vase fermé exposé à la lumière et à une température de 25 à 27° C.

Au point de vue de l'appréciation de ce caractère, il importe de faire une distinction entre les eaux immédiatement odorantes soit à froid, soit à chaud et celles qui ne le deviennent qu'après un temps plus ou moins considérable.

Les premières doivent être considérées comme mauvaises lorsque l'odeur est prononcée et surtout lorsqu'elle persiste pendant toute la durée du chauffage et laisse un résidu odorant; lorsqu'elle est nulle à froid, peu prononcée à chaud, c'est-à-dire à peine perceptible et très fugitive, il y a lieu de procéder à des recherches ultérieures avant de se prononcer.

Les secondes peuvent être également divisées en plusieurs catégories suivant qu'elles deviennent plus ou moins rapidement et plus ou moins fortement odorantes, selon qu'elles se troublent ou non et enfin qu'elles redeviennent ou non inodores après un temps plus ou moins prolongé.

Mais il importe d'ajouter qu'il ne peut être question ici que de certaines eaux recueillies dans des conditions déterminées, telles par exemple que les eaux de pluie conservées dans des citernes où elles arrivent après avoir lavé la surface des toits exposés au soleil et chargés des poussières de la rue, de l'intérieur, etc. Dans des cas semblables, il arrive fréquemment, surtout si les réservoirs sont mal construits, qu'une sorte de fermentation se produise au sein de l'eau, les organismes et les matières organiques y entraînés finissant bientôt par mourir et se décomposer, avec production de substances odorantes, les unes volatiles et disparaissant peu à peu, les autres fixes restant dissoutes ou se précipitant à l'état de combinaisons insolubles.

De telles eaux peuvent, comme cela a été fréquemment observé, s'améliorer avec le temps et doivent, avant d'être condamnées, faire l'objet d'une étude attentive et suivie.

Mais ce qui peut être admis sous la pression des événements et des circonstances, doit être rejeté lorsque les unes ou les autres font défaut. Ainsi toute eau de source, de puits, de rivière, etc., qui sera ou deviendra promptement odorante, devra être impitoyablement condamnée au point de vue alimentaire.

4° **Saveur.** — L'eau doit être fraîche, agréable, rendue légèrement sapide par l'CO^2 libre ou bicombinée; une eau qui ne présente point ces caractères apaise mal la soif, est prise avec répugnance, dégoût et doit, par cela même et pour cela seul, être tenue pour suspecte ou réputée mauvaise suivant les cas.

La saveur anormale des eaux peut s'expliquer de diverses manières. Due ici à la présence de matières organiques, là à un excès de sels normaux, ailleurs à sa teneur en sels anormaux. Ainsi l'eau qui contient des quantités élevées de chlorure sodique est saumâtre ou salée; les sels de potassium, de magnésie, d'alumine lui donnent un goût amer, douceâtre ou terreux plus ou moins prononcé suivant les proportions absolues et relatives de ces éléments; une saveur séléniteuse implique un excès de sulfate de chaux et de carbonate de magnésie. Mais il ne faut pas perdre de vue que le goût varie considérablement d'individus à individus et que l'appréciation de la saveur de l'eau est d'autant plus délicate que l'on est moins habitué à en boire.

5° **Température.** — On admet généralement que l'eau doit

être *fraîche*, c'est-à-dire plus chaude en hiver et plus froide en été que l'air ambiant. Trop chaude, elle paraît fade, désaltère mal ou même pas du tout; trop froide, elle peut déterminer des congestions intestinales, pulmonaires, etc. Tout le monde sait que la pleurésie *a frigore* n'a pas de cause plus fréquente que l'absorption des boissons glacées lorsque le corps a été soumis à de fortes réactions calorifiques : température ambiante élevée, marche forcée, travail physique excessif, etc. Les diarrhées cholériformes, la dysenterie proprement dite, etc., peuvent et sont souvent provoquées par la même cause.

Mais si l'eau tiède est mauvaise et l'eau glacée dangereuse, ce n'est cependant pas une raison pour déclarer non potables des eaux dont la température serait sensiblement inférieure ou même légèrement supérieure à celle que nous avons admise pour l'eau physiologiquement pure, soit 13 à 15° C.

Ainsi les meilleures eaux de source marquent généralement de 9 à 12 ou 13° C. au plus suivant les climats, l'attitude, la profondeur de la nappe souterraine, le mode d'émergence, la nature du sol, etc., tandis que les eaux de fleuves, de lacs, de rivières, d'étangs, etc., possèdent une température généralement un peu inférieure ou supérieure à celle de l'air ambiant et n'en sont pas moins, en bien des cas, de bonnes eaux de boisson.

Les meilleures sous le rapport de la température sont encore celles de puits bien établis; viennent ensuite les eaux amenées sous pression dans les réservoirs et dans des canalisations souterrains bien construits, mais il faut distinguer ici entre les tuyaux enfoncés sous le sol à une profondeur déterminée et ceux qui partent du compteur pour amener l'eau dans les appartements situés aux étages : parmi les derniers, il en est souvent qui donnent une eau tiède ou glacée alors qu'elle se trouve, dans les premiers, à une température normale et constante en toutes saisons.

6° **Sensation gastrique.**—Toute eau " lourde „ à l'estomac, c'est-à-dire qui produit une sensation de pesanteur gastrique, doit être tenue pour suspecte et même rejetée tout au moins comme boisson. Cette impression ne provient pas toujours, ainsi qu'on pourrait le croire, d'un excès de substances salines ou autres en dissolution, ni même de l'absence d'air ou d'oxygène : l'eau de St-Galmier, très riche en éléments salins et spécialement

en chaux, est une eau de table excellente et facilement digestible; l'eau de distribution de la ville de Bruxelles, relativement riche en carbonate calcique, jouit des mêmes propriétés; l'eau tout récemment distillée en présence d'un peu de permanganate de potasse et d'acide phosphorique, se digère parfaitement bien. Par contre certaines eaux très aérées, peu minéralisées, etc., se supportent mal ou même pas du tout.

7° **Réaction.** — Les bonnes eaux potables sont neutres ou présentent une légère réaction acide due à la présence de l'CO^2 libre; une très légère alcalinité, seulement sensible aux réactifs après un contact prolongé, ne présente aucun inconvénient et serait même, d'après certains auteurs, un caractère des eaux de choix attendu qu'elle serait due à la présence du bicarbonate de chaux.

Mais si l'alcalinité est prononcée, c'est-à-dire si le papier rouge de tournesol bleuit immédiatement ou si celui de curcuma brunit fortement, l'eau doit être rejetée ou fortement suspectée suivant la rapidité et le degré de la réaction, celle-ci étant généralement due à des carbonates alcalins et notamment au carbonate d'ammoniaque et indiquant une pollution probable par des matières fécales, de l'urine, des eaux d'égouts,de blanchisseries, de savonneries, etc.

Une acidité prononcée est également une cause de rejet ou de forte suspicion,car elle implique une contamination par les eaux-vannes de brasseries, de distilleries, de vinaigreries, de tanneries, de routoirs, etc., et aussi par les eaux ménagères, l'urine récente, le contenu des fosses à purin non putréfié, etc., etc.

8° **Conservation.** — Une bonne eau potable ne s'altère pas lorsqu'on la conserve, en vase ouvert ou en vase fermé, pendant plusieurs semaines. C'est là un fait qui a été constaté par tous ceux qui se sont livrés à quelques recherches sur ce point et que tout le monde peut aisément contrôler. Un chimiste français, M. L'Hote, a fait plus encore : il a embouteillé de l'eau de la Vanne en juin 1890 et l'a conservée jusqu'en juin 1892. Elle présentait alors tous les caractères organoleptiques de l'eau fraîchement puisée : limpidité parfaite, odeur nulle, saveur normale, etc.

Mais si l'eau contient des matières organiques en voie de dé-

composition, elle deviendra plus ou moins trouble, plus ou moins odorante et si l'on en porte alors une goutte sous le microscope, on y constatera la présence de nombreux organismes inférieurs, végétaux ou animaux, le plus souvent incolores ou blanchâtres, mais parfois aussi cependant colorés en jaune ou en vert.

Ces derniers sont généralement représentés par des spores d'algues vertes, des proto ou chlamydococcus pluvialis, etc. : ils sont sans signification précise au point de vue hygiénique; mais il n'en est pas de même des organismes incolores ou blanchâtres, des bactéries, infusoires, etc., qui, eux, indiquent certainement la présence de matières organiques *en voie de décomposition* plus ou moins rapide.

II. — Éléments normaux.

1° **Résidu fixe.** — Quelle est la quantité *maximum* de substances salines fixes et normales que peut contenir une eau sans cesser d'être potable?

Bien que cette question ait fait verser des flots d'encre et provoqué de longues, ardentes et interminables discussions, le problème qu'elle soulève est bien loin encore d'être résolu, les partisans des deux théories en présence, celle des *maxima* GÉNÉRAUX et celle des *maxima* LOCAUX, accumulant arguments sur arguments pour démontrer qu'ils sont, seuls, en possession de la vérité.

Les premiers, estiment qu'une eau ne peut être saine, agréable à boire, facile à digérer et propre à tous les usages domestiques, si elle contient des proportions trop considérables de sels minéraux, c'est-à-dire un poids supérieur à $0^{gr}5$ par litre. De nombreuses analyses d'eaux de sources, de rivières, de lacs, de fleuves même, leur ayant prouvé que la teneur en sels minéraux fixes de la presque totalité des eaux douces varie entre $0^{gr}1$ et $0^{gr}4$ par litre, que l'état de santé des populations qui les boivent est satisfaisant et, qu'enfin, elles répondent à toutes les exigences d'une saine physiologie, ils ont la conviction d'être dans le vrai et n'entendent faire aucune concession.

Les seconds ne nient pas le bien fondé des arguments de leurs adversaires et leur accordent même volontiers qu'ils ont absolu-

ment raison... en *principe*, mais ils s'empressent d'ajouter qu'en *fait* il est indispensable d'apporter certains tempéraments à leurs justes exigences et ce pour diverses raisons, dont voici les principales.

L'eau n'est pas un produit industriel dont on puisse fixer exactement la composition, mais bien un produit naturel que l'on est forcé de prendre comme on le trouve et non comme on le voudrait. Or il arrive souvent qu'elle contient des quantités relativement considérables de sels minéraux : sulfates, chlorures, phosphates, carbonates, silicates, etc., qu'elle emprunte aux terrains sur lesquels elle coule ou à travers lesquels elle filtre, sels dont on ne peut éviter la présence et dont l'absorption ne présenterait d'inconvénients que si leur proportion était très élevée : plusieurs grammes par exemple.

Et comme il semble prouvé, tant par l'expérimentation physiologique que par l'état de santé des populations intéressées, que l'on peut ingérer journellement et impunément 2, 3, 4 et même 5 grammes d'un mélange de chlorures, sulfates, carbonates, etc., alcalins et alcalino-terreux, on ne voit pas pourquoi l'on considérerait de telles eaux comme impropres à la boisson et aux usages domestiques.

Car en le faisant, il adviendrait, ajoute-t-on, que l'on devrait condamner les eaux de toute une ville, de toute une région, de tout un pays même, chose absolument impossible.

La seule concession que les partisans de cette théorie fassent à l'hygiène, est relative à l'*origine* des sels dissous. Si elle est suspecte, c'est-à-dire si la présence de ces éléments peut être attribuée à la contamination du sol par des matières organiques en voie de putréfaction ou si elle est due à des infiltrations d'urine, de matières fécales, etc., etc., l'eau doit être rejetée. Mais lorsque la nature géologique du sol vierge, c'est-à-dire soustrait à toutes les causes de pollution artificielles, justifie et explique la proportion des éléments susmentionnés, il n'y a plus rien à objecter.

On pourra donc boire impunément des eaux saumâtres pourvu que le sol soit fortement imprégné de chlorures ; des eaux séléniteuses là où se trouvent des bancs de gypse ; des eaux phosphatées, nitreuses, magnésiennes, silicatées, ferrugineuses, ulmi-

ques, etc., partout où l'on rencontrera de la tourbe, des lignites, du salpètre, des dolomies, des feldspaths, des pyrites, etc., etc. On ne s'est du reste pas fait faute de soutenir que l'on pouvait boire indéfiniment et impunément des eaux minérales, oubliant ou ignorant que la grande valeur thérapeutique de ces eaux ne permet pas de les considérer comme inoffensives et qu'une dose même modérée d'un sel inutile à l'organisme n'est jamais sans danger.

Nous ne sommes certes pas un apôtre de la théorie des *maxima* généraux et nous ne faisons aucune difficulté de convenir que certaines limites admises par le Congrès de 1885 et par ceux qui l'ont précédé, peuvent être considérablement dépassées et ce sans le moindre inconvénient : nous l'avons dit et prouvé au lendemain même du vote des décisions qui ont été adoptées et nous le répétons encore ici et plus loin.

Nous n'ignorons pas, d'autre part, que l'on est souvent forcé de boire ce que l'on a et non pas ce que l'on voudrait avoir. Beaucoup de gens, et je suis de ce nombre, adorent par exemple le Chambertin et le Château-Lafitte, mais se contentent parfaitement à l'occasion — et pour cause — d'un modeste verre de... bière ou de petit bleu. De même est-il évident que dans un pays où il n'y a pas d'eaux physiologiquement pures, il serait malaisé d'en boire d'autres.

Mais ce qui ne semble pas admissible, c'est que l'on déclare bonnes ou même potables faute de mieux, des eaux dont on ne ferait certes pas usage, et ce sous prétexte que toutes celles de la localité ont une composition analogue et que si l'on en condamnait une on devrait les proscrire toutes, alors qu'il suffirait souvent de quelques centaines de milliers de francs ou de quelques millions pour s'en procurer d'excellentes.

Dans des cas semblables, les rôles ne peuvent être intervertis et les hygiénistes ne doivent pas subordonner leurs décisions aux convenances des administrateurs qui, généralement, reculent devant la nécessité d'assumer la responsabilité des dépenses nécessaires à des travaux de cette nature.

Chose curieuse du reste, la plupart des cas de l'espèce se rencontrent dans les villes ou dans les pays industriels à population dense, où le sol est imprégné de matières minérales et autres,

dont l'origine est précisément de nature suspecte et dont la présence dans les eaux de puits ne peut être justifiée par la nature géologique du sol vierge. Il suffit, pour s'en convaincre, de procéder à l'analyse des eaux en pleine campagne, c'est-à-dire loin des habitations : on constate immédiatement que leur composition est très différente de celle des eaux incriminées. Nous pourrions citer des faits personnels et autres à l'appui de ce que nous avançons, mais ce serait absolument inutile, tant ils abondent partout. Or, nous le demandons à tous, aux médecins, aux hygiénistes, aux chimistes et aux consommateurs eux-mêmes : est-il admissible que l'on déclare potables des eaux contenant 1, 2, 3 grammes résidu salin fixe par litre, alors qu'à 10, 20, 30 minutes de là on en trouve dont la teneur en sels n'est pas supérieure à $0^{gr}25$ ou $0^{gr}30$ environ?

Montrons-nous très accommodants lorsqu'il nous est démontré qu'il est impossible de modifier la situation, soit en procédant à l'adduction d'eaux de source, soit en allant à la recherche d'eaux profondes plus pures ou en forant des puits mieux conditionnés, mais déclarons toujours que les eaux soumises à notre examen sont de qualité douteuse dès que la proportion des sels minéraux *normaux* dont nous allons parler, est supérieure à $0^{gr}5$ ou $0^{gr}6$ au maximum.

On pourra en autoriser l'usage parce qu'il est absolument impossible de s'en procurer d'autres, mais on ne devra pas céler les inconvénients qu'elles peuvent présenter. Lorsque le résidu fixe est supérieur et surtout lorsqu'il s'élève à un gramme ou plus par litre, on doit considérer l'eau comme suspecte ou impropre à la consommation suivant les cas.

2° **Bicarbonate de chaux.** — Il nous reste peu de chose à dire au sujet de ce sel que nous avons étudié en détail au chapitre Ier, pages 264 et suivantes. Ajoutons cependant que les eaux contenant des proportions de carbonate de chaux supérieures à celles que nous avons admises, soit $0^{gr}20$ à $0^{gr}25$ au plus, ne sont supportées par l'estomac que si elles contiennent beaucoup d'CO^2 ; dans le cas contraire, elles sont dures, lourdes et entravent les digestions.

Quelle que soit la quantité d'CO^2 qu'elles puissent contenir, les eaux très calcaires cuisent mal les légumes et même la viande

le carbonate de chaux se précipitant à l'ébullition et incrustant pour ainsi dire les aliments en cuisson, ou bien encore se combinant à la caséine végétale avec laquelle il forme une combinaison insoluble (Gautier).

3° **Sulfate de chaux.** — Si un léger excès de carbonate peut à la rigueur être admis, il n'en est pas de même du sulfate qui, même à des doses inférieures à 0^{gr}2 par litre, rend les eaux crues, dures, indigestes, peu agréables à boire, impropres à la cuisson des aliments et aux divers usages domestiques et par suite inaptes à remplir le rôle physiologique qui leur incombe.

De plus, une eau riche en sulfate peut aisément, sous l'influence de certains organismes inférieurs ou même des matières organiques en voie de décomposition, donner lieu à la formation de sulfures ou d'hydrogène sulfuré libre.

4° **Sulfates alcalins fixes.** — Quelques milligrammes de sulfate de potasse ou de sulfate de soude ne présentent aucun inconvénient, mais leur présence étant inutile, il y a lieu de ne pas tolérer plus de 20 à 25 milligrammes par litre d'eau.

5° **Chlorures alcalins et alcalino-terreux.** — Le chlorure sodique est le plus important et souvent même le seul. Le Congrès de Bruxelles a limité à 10 milligrammes par litre la quantité de chlore que peut contenir une eau potable, mais il importe de remarquer que cette décision a été prise sous l'influence de cette idée que le chlore est un indice de contamination urinaire, fécaloïde, etc. Or, si cela peut être et est parfois vrai, il existe cependant de nombreuses eaux absolument indemnes de toute trace de pollution organique et dont la teneur en chlorure sodique est notablement supérieure à celle que nous venons d'indiquer.

Et comme la quantité du dit sel que nous absorbons journellement avec nos aliments peut s'élever à plusieurs grammes, il importe peu que l'eau en contienne même quelques centigrammes, du moment que son origine est exclusivement géologique et que sa proportion n'altère pas les caractères physiologiques de l'eau. Il vaut évidemment mieux qu'il y ait peu de chlorure sodique que beaucoup, mais l'eau qui en contiendrait 50 à 60 milligrammes par exemple et même plus, serait toujours parfaitement potable; c'est ainsi qu'en Hollande et dans les basses plaines de Belgique, où le sol est fortement imprégné

de chlorures, les eaux en dissolvent presque 100 et même 200 milligrammes et sont, malgré cela, parfaitement buvables ou tout au moins consommées sans récrimination aucune de la part des intéressés. M. Crispo a même signalé dans des eaux de puits situés le long de l'Escaut à Anvers plus d'un gramme NaCl par litre : il est vrai qu'il ne peut plus être question ici de potabilité!

Dans tous ces cas, il importe surtout de se renseigner sur l'origine du chlore et de tenir pour fortement suspectes toutes les eaux dont la composition diffère sensiblement de celle de la nappe souterraine maintenue à l'abri de toute pollution extérieure.

Si les écarts sont manifestes, il faudra songer à des infiltrations ou à des écoulements directs d'eaux ménagères, d'eaux d'égouts, de fosses d'aisance, etc., ou bien rechercher s'il n'existe, à proximité, aucune saline, aucun banc de sel gemme, etc..

Enfin, l'on n'oubliera pas non plus que certaines personnes possèdent la singulière habitude de jeter du sel dans les puits sous prétexte d'en améliorer le contenu!

Le *chlorure de potasse*, ainsi que les *chlorures de chaux et de magnésie* étant inutiles ne peuvent se trouver dans les eaux potables qu'en très minimes quantités : 15 à 20 ou 25 milligrammes par litre au maximum. Il importe donc de ne pas s'en tenir au dosage du *chlore seul* lorsque la quantité de cet élément est supérieure à 20 milligrammes, mais de doser en outre les bases auxquelles il est combiné.

6° **Phosphates.** — Il y a une dizaine d'années, l'acide phosphorique était considéré comme un élément anormal dont la présence devait faire soupçonner fortement la pureté de l'eau et même la faire rejeter.

Le rapporteur de la question des eaux potables au Congrès d'hygiène de 1885, M. Van de Vyvere, s'était fait l'écho de l'opinion prédominante en proposant de dire que l'eau ne pouvait contenir ni sulfures, ni nitrites.... ni *phosphates*. M. le professeur Depaire, de l'Université de Bruxelles, ayant bien voulu appuyer de sa haute autorité les observations que nous avions présentées au sujet de cette proscription que nous ne comprenions point, l'assemblée décida d'admettre la présence de l'acide phosphori-

que, mais dans des limites beaucoup trop restreintes, soit 1/2 milligramme par litre.

Il en est de cet élément comme du chlore et de l'acide sulfurique : sa présence est inutile et elle peut en outre provenir d'une contamination par des matières animales ou végétales; mais son origine n'est pas toujours telle, les eaux pouvant emprunter au sol des quantités de phosphates calciques et magnésiens d'autant plus sensibles qu'elles sont plus riches en chlorures et surtout en CO^2 libre : les minerais phosphatés, tels que coprolithes, apatites, etc., ne sont pas rares et le grès vert, certains terrains crétacés, etc., abondent parfois en phosphate de chaux; enfin les terrains tourbeux, l'humus, etc., contiennent souvent aussi des quantités appréciables d'acide phosphorique.

Dans tous ces cas, sa présence est tout aussi inoffensive que celle des carbonates et plus que celle des sulfates terreux dont l'introduction dans l'organisme se justifie en outre moins aisément.

Cependant comme nos aliments contiennent suffisamment de phosphates, la présence de ces sels dans les eaux potables est inutile et ne doit pas être recherchée.

7° **Acide carbonique.** — Nous avons vu que la présence de l'CO^2 dans les eaux potables est désirable et qu'elles peuvent en contenir des quantités assez considérables, non-seulement sans inconvénients, mais encore très avantageusement.

L'origine de ce gaz est généralement atmosphérique. En coulant sur le sol et même en le traversant, les eaux s'enrichissent rapidement en CO^2 et peuvent en contenir de 15 à 30 cc. et plus par litre sous forme gazeuse, c'est-à-dire libre; mais il peut aussi provenir de la décomposition des matières organiques et, en ce cas, l'on constate une diminution correspondante de l'oxygène. C'est ainsi que les eaux des fleuves ou des rivières qui traversent des grandes cités : Londres, Paris, Berlin, etc. sont d'autant plus riches en CO^2 et plus pauvres en oxygène qu'elles ont effectué un plus long trajet à travers ces villes. D'autre part, les plantes vertes immergées dégagent, la nuit, des quantités considérables d'CO^2 qu'elles décomposent, du reste, pendant le jour, sous l'influence de la lumière solaire. Il est donc nécessaire, pour émettre

une appréciation raisonnée sur la valeur d'une eau contenant beaucoup d'CO^2, d'être fixé sur l'origine de cet acide.

8° **Oxygène**. — Comme le précédent, ce gaz est surtout d'origine atmosphérique, mais il peut également provenir de la décomposition de l'acide carbonique dissous par les plantes vertes sous l'influence de la lumière. C'est ainsi que M. A. Morren (1) a noté, à plusieurs reprises, des variations considérables dans les proportions d'oxygène en dissolution, non-seulement la nuit et le jour, mais encore suivant le plus ou moins d'intensité d'action des rayons solaires. Le volume total des gaz dissous s'élevant de $11^{cc}2$ à $19^{cc}2$ par litre, la proportion d'O variait de 18.01 à 60.43 p.c. de ce volume. Il en a dosé, par une belle journée de juillet, 4 cc. par litre d'eau le matin, près de 8 cc. vers midi et $9^{cc}8$ à 5 heures du soir, tandis que l'CO^2, qui s'élevait à 2 cc. le matin, était descendu à $0^{cc}9$ à 5 heures du soir.

Mais ce qu'il importe surtout de constater, c'est la diminution de l'oxygène. Car, sans vouloir soutenir avec Gérardin qu'il suffit de doser ce gaz pour avoir la cote exacte des qualités hygiéniques d'une eau et de l'influence bonne ou mauvaise qu'elle peut exercer sur les êtres vivants, on doit reconnaître qu'une diminution sensible d'oxygène présente des inconvénients très sérieux et même parfois très graves.

En effet, M. Morren a constaté que les poissons meurent rapidement dans une eau contenant moins de 3 cc. d'O. dissous et peuvent, si les conditions extérieures s'y prêtent, y accumuler des nombreuses toxines provenant de leur putréfaction. D'autre part, nous avons vu que les matières organiques, certaines tout au moins, consomment rapidement l'oxygène dissous, de telle sorte qu'une diminution ou l'absence plus ou moins complète de ce gaz constitue un indice de la présence de ces matières. Toutefois, comme cette action s'exerce aussi bien en vase clos, c'est-à-dire dans les échantillons d'eau soumis à l'examen, qu'à l'air libre, et qu'elle est liée à une série de facteurs assez nombreux : température, pression, lumière, mouvement, sol, etc., il est nécessaire, pour pouvoir se prononcer, de procéder au dosage

(1) *Mémoires de l'Ac. royale des sciences et belles-lettres* de Bruxelles, année 1841.

sur les lieux mêmes et de tenir compte de toutes les circonstances que nous venons de mentionner.

III. — Éléments anormaux en dissolution.

Nous considérons comme anormaux non-seulement tous les éléments qui peuvent provoquer une altération plus ou moins prononcée et plus ou moins rapide de la santé des consommateurs, mais encore ceux qui, n'étant pas toxiques ou n'exerçant d'action nuisible qu'à des doses relativement élevées, impliquent, par leur présence, une contamination organique considérée comme dangereuse.

Tous les hygiénistes et tous les physiologistes étant d'accord pour prohiber les premiers et condamner sans restriction ni réserve aucunes l'eau qui en contient, si peu soit-il, il nous suffira de les citer sans plus. Ce sont :

1° Les sels arsénicaux, plombiques, mercuriques, cupriques, stannifères, barytiques et zinciques;

2° Les sulfures, sulfocyanures et hyposulfites alcalins, auxquels on peut ajouter les carbonates de potasse et de soude;

3° Enfin, les carbures, sulfures et phosphures d'hydrogène, ainsi que le gaz d'éclairage qui, outre les carbures d'hydrogène (éthylène, butylène, acétylène et gaz des marais), contient ou peut encore contenir de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène sulfuré, de l'hydrogène, etc.

Quant aux seconds, nous allons examiner dans quelles limites ils pourront être *tolérés*, lorsque les circonstances ne permettront point de se procurer des eaux pures.

1° **Sels ammoniacaux.** — La présence de l'ammoniaque inorganique dans une eau potable est généralement un indice de pollution récente ou peu éloignée de cette eau par des matières fécales, de l'urine ou des liquides qui en contiennent, comme les eaux d'égout par exemple, les fosses à purin, à fumier, les eaux-vannes de certaines industries et notamment des fabriques de gaz d'éclairage, d'engrais ammoniacaux, etc., etc.

La fermentation ou la putréfaction des matières organiques azotées constitue également une source importante d'ammoniaque; aussi les eaux recouvertes par des terrains fortement

imprégnés de telles substances, sont-elles généralement riches en sels ammoniacaux, surtout à la suite de fortes pluies et lorsque le sol et le sous-sol sont peu perméables, l'oxydation y étant incomplète.

Cependant, il importe de ne pas perdre de vue que les eaux de pluie, de neige, etc. contiennent fréquemment, surtout dans les villes et les grandes agglomérations humaines ou animales, des traces plus ou moins fortes d'ammoniaque, de telle sorte que certaines eaux, comme celles qui sont recueillies dans les citernes par exemple, ou encore les eaux de source employées à la consommation des grandes villes et dont le renouvellement est fréquent, pourraient en contenir *accidentellement* des traces sensibles sans que leur valeur hygiénique pût en souffrir.

On admet généralement qu'une eau ne pourrait être considérée comme potable si elle contenait plus de 1 à 2 milligrammes AzH^3 par litre et beaucoup d'auteurs trouvent même cette proportion trop élevée; ainsi le Congrès international d'hygiène de Bruxelles n'admet pas plus de 1/2 milligramme au maximum, limite que nous avons adoptée dans notre édition de 1889, où nous condamnions sans aucune restriction toute eau contenant une quantité d'ammoniaque suffisante pour que le réactif de Nessler y produise une coloration immédiate, le liquide étant examiné de haut en bas.

Nous serions actuellement moins sévère, c'est-à-dire que nous ne proscririons plus de telles eaux que si elles contenaient en même temps de l'acide nitreux ou encore de l'acide nitrique et des matières albuminoïdes, mais nous n'hésiterions pas à boire et par suite à tolérer l'usage d'une eau contenant 1 et même 2 milligrammes d'AzH^3 par litre si elle était absolument exempte des produits que nous venons de mentionner; tout au plus la ferions-nous surveiller et l'examinerions-nous à plusieurs reprises afin de constater si l'anomalité persiste, auquel cas seulement nous la rejetterions non comme immédiatement mauvaise, mais comme se trouvant dans les conditions nécessaires pour le devenir.

Pour le surplus, nous ne pouvons que reproduire ce que nous écrivions en 1889 au sujet de l'appréciation à émettre après examen rapide d'une eau au point de vue ammoniacal:

“ Lorsque la coloration produite par le réactif de Nessler n'apparaît qu'au bout de quelques secondes, l'eau pourra être considérée comme bonne et elle le sera d'autant plus, toutes choses égales d'ailleurs, que la réaction sera plus lente à se manifester. „

2° **Acide nitreux.** — On a constaté la présence de cet acide dans les eaux de pluie après de violents orages et sous forme de nitrite ammonique, mais ce sont là des exceptions et l'on doit dire qu'en règle générale une eau potable ne peut en contenir, attendu qu'il est caractéristique soit d'une pollution par des matières organiques incomplètement oxydées, soit de la réduction des nitrates par des microorganismes proliférant au sein de matières organiques en voie de décomposition prononcée.

De toute manière, sa présence implique un danger possible et doit suffire pour faire rejeter l'eau, surtout si elle est en même temps ammoniacale ou nitrique; donc toute eau dans laquelle une coloration bleue se manifeste instantanément ou au bout de 2 ou 3 secondes sous l'action du réactif de Tromsdorff ou de Boettger sera classée parmi les mauvaises ou parmi les suspectes suivant qu'elle contiendra ou non des sels ammoniacaux, des nitrates ou des matières organiques azotées.

3° **Nitrates.** — Le Congrès de Bruxelles ne veut pas d'une quantité d'acide nitrique supérieure à 2 milligrammes par litre, mais presque tous les auteurs et, à leur suite, tous les chimistes aussi bien officiels que particuliers, ont laissé tomber cette décision en désuétude, de telle sorte que l'anarchisme — pardon, cela sent la bombe, mais le mot est devenu à la mode — règne en maître sur ce point, les uns et ce sont les modérés, reculant la limite jusque 20 milligrammes, tandis que les autres ne craignent pas d'affirmer que des eaux contenant 300 à 400 milligrammes de nitrates alcalins ou alcalino-terreux par litre sont toujours potables!

On veut bien convenir qu'à de semblables doses les nitrates peuvent ne pas rester inoffensifs à la longue, mais du moment qu'ils ne tuent pas immédiatement le... patient, que veut-on de plus?!

Nous l'avons dit au Congrès de Bruxelles et l'avons répété à plusieurs reprises depuis : l'acide nitrique ne doit pas se rencontrer

dans les bonnes eaux potables ou s'y trouver à peine à l'état de traces,mais comme il n'est pas toujours possible de se procurer de telles eaux,nous estimons que l'on peut tolérer l'usage de celles qui en contiennent des proportions notablement supérieures à 2 milligrammes par litre, *sous réserve qu'il s'y trouve seul comme composé azoté.*

En effet, si l'origine de l'acide nitrique peut être généralement attribuée à la contamination de l'eau ou du sol par des matières organiques azotées, ce qui le rapproche des produits azotés dont il est fait mention aux littera 1° et 2° ci-dessus, sa présence implique par contre, une destruction, une oxydation complètes de ces matières devenues ainsi inoffensives.

D'autre part, ce composé se trouve également et en quantité sensible dans les eaux de pluie et il peut provenir, en outre, de la nitrification naturelle qui s'opère incessamment à la surface des prairies et autres terrains gazonnés, soit du lessivage de nitrières artificielles ou de matériaux salpêtrés quelconques. Or, dans tous ces cas, il doit être considéré, au point de vue hygiénique, comme un élément quelconque dont la nocuité doit être appréciée physiologiquement, c'est-à-dire d'une manière absolue et non relative.

Mais il ne faut jamais perdre de vue, nous ne pourrions trop le répéter, que les eaux contenant de l'acide nitrique l'ont emprunté le plus souvent aux terrains qu'elles ont traversés, ou aux matières organiques azotées qui y ont été introduites antérieurement de l'une ou l'autre manière, de telle sorte qu'elles doivent toujours être tenues en suspicion, les circonstances favorables à l'oxydation complète de ces matières, soit dans le sol soit dans l'eau même, pouvant disparaître ou cesser d'agir avec une énergie destructive suffisante. Dans ce cas il sera toujours accompagné de sels ammoniacaux, de nitrites ou de matières organiques en voie de décomposition et souvent même de tous ces produits réunis, dénotant ainsi la continuité de la pollution et l'inefficacité de la purification naturelle.

Nous avons vu chapitre II, page 275, que parmi les sources d'acide nitrique on doit compter le lessivage des terrains chargés d'engrais naturels ou artificiels et nous venons de rappeler en outre que l'action de l'oxygène peut être insuffisante soit abso-

lument, soit relativement, par suite d'un excès d'apport à un moment donné, de matériaux nuisibles. Il en résulte nécessairement, et c'est en effet ce qui a été constaté pratiquement, que la teneur en acide azotique d'une eau donnée, pourra varier très sensiblement d'un jour ou d'une saison à un autre jour ou à une autre saison, ce qui oblige une fois de plus à surveiller attentivement les eaux dans lesquelles on a rencontré des nitrates. Mais il y a plus : si le dosage n'a pas été effectué immédiatement ou tout au moins peu de temps après le puisage, on pourra fort bien ne plus trouver d'acide nitrique du tout, alors pourtant que l'eau en contenait des quantités sensibles, la destruction de cet élément continuant à s'effectuer en vase clos sous l'influence de certains micro-organismes dits ferments nitriques.

On peut donc dire que l'appréciation d'une eau au point de vue de sa teneur en azote nitrique, exige quelque attention et ne peut être basée exclusivement sur une question de quantité, celle-ci pouvant être très petite et provoquer le rejet de l'eau, ou relativement élevée et n'impliquer aucun danger même lointain, mais simplement la nécessité d'un examen fréquemment renouvelé.

Si maintenant l'on nous demandait de préciser quand même un chiffre au-delà duquel une eau ne pourrait plus être tolérée, nous répondrions en... nous récusant, mais nous n'hésitons cependant pas à dire que nous n'admettrons jamais que l'on puisse, comme l'a fait M. le professeur Blas, de Louvain, porter ce chiffre à **100** milligrammes et considérer en outre comme *passables* les eaux qui contiennent moins de **200** milligrammes d'acide azotique.

Il nous est impossible d'accorder que l'on puisse justifier cette manière de voir, sous prétexte que l'on serait obligé de condamner à peu près toutes les eaux d'une ville si l'on ne reculait pas aussi fortement les limites *maxima* généralement admises : de tels arguments peuvent être employés par des administrateurs acculés devant la nécessité d'augmenter les impôts ou de céder la place à d'autres, mais il ne nous semble pas qu'ils puissent recevoir l'approbation des physiologistes et des hygiénistes. Du reste M. Blas lui-même l'a parfaitement compris, car il déclare en terminant son important et si hautement intéressant travail qu'“ au-

cune eau de puits de Louvain ne peut être déclarée absolument bonne „, celles qu'il classe dans la première catégorie n'étant “ que les moins mauvaises ou celles qui sont relativement bonnes „.

La ville de Louvain n'est du reste pas la seule, à beaucoup près même, qui soit aussi mal lotie sous le rapport des eaux de puits en Belgique : celles d'Anvers, de Bruxelles, de Liége, etc., etc., peuvent être placées sur la même ligne ou à peu près, et si nous parlons de celle-là plutôt que de celles-ci, c'est en raison de la valeur du travail de M. Blas et de l'autorité scientifique dont jouit, à si juste titre, ce savant professeur; or, plus l'opinion d'un homme a de poids et plus la critique a le droit et le devoir d'être sévère et de montrer les défauts de la cuirasse.

4° **Sels d'alumine.** — Ne doivent pas se rencontrer dans les eaux potables, auxquelles ils communiquent une saveur désagréable et dont l'introduction dans l'organisme ne peut être que nuisible. Cependant, comme il est presque impossible qu'en traversant des terrains feldspathiques, les eaux ne dissolvent pas une petite quantité de sels d'alumine et que ceux-ci ne sont pas toxiques, on ne devra rejeter de la consommation que celles dans lesquelles les dits sels se rencontreraient en proportion assez forte : 10 à 20 milligrammes par litre, par exemple.

Nous avons vu que l'argile se rencontre assez fréquemment parmi les matières en suspension dans certaines eaux de fleuves, de rivières, etc., et qu'elle se dépose avec une grande lenteur, passant même à travers les meilleurs filtres, dont elle obstrue promptement les pores. Des eaux de l'espèce ne peuvent être considérées comme potables sans une filtration préalable parfaite, et doivent être rejetées, même pour les usages domestiques et industriels; c'est ainsi que l'on a constaté que les plantes, les arbustes, etc., arrosés par des eaux tenant en suspension du silicate basique d'alumine hydraté, dépérissaient promptement, tous les stomates étant rapidement obstrués. Il ne semble pas douteux que l'usage continu, prolongé de semblables eaux prises comme boisson, ne puisse provoquer des accidents de même ordre, absolument comme ces gourmands du goudron, mourant pour ainsi dire d'inanition et à l'autopsie desquels on trouve la muqueuse gastrique tapissée d'une magnifique et épaisse couche

de cette substance, ainsi que nous avons pu le constater personnellement.

5° **Sels de manganèse.** – On a constaté leur présence dans certaines eaux de puits, de rivières, de fleuves, etc., mais nous croyons qu'ils doivent être assez rares ou en quantité très minime, car nous n'avons jamais rencontré jusqu'ici d'eaux qui en continssent. Il est juste d'ajouter cependant que nous n'avons jamais non plus porté particulièrement notre attention sur ce point, de telle sorte que nous n'en parlons ici que par ouï-dire et sur la foi d'auteurs plus heureux ou mieux renseignés.

On a rencontré le manganèse dans les tissus animaux et notamment dans le sang, mais si irrégulièrement et en quantités tellement infinitésimales, que l'on est en droit de se demander s'il fait ou non partie intégrante de l'organisme, et de conclure à son inutilité absolue dans les eaux potables.

D'autre part, l'action de ceux de ses composés que l'on pourrait trouver en dissolution dans les dites eaux, étant nulle ou insignifiante, on ne devra s'en préoccuper, au point de vue hygiénique, que si leur proportion était égale ou supérieure à quelques milligrammes par litre.

6° **Sels de magnésie.** — Ce sont des éléments normaux mais comme ils sont absolument inutiles dans les eaux potables, nous les placerons ici. M. Gautier les condamne, cependant il admet qu'ils ne peuvent rendre les eaux suspectes que si leur proportion s'élève à plus de 0^{gr}100 par litre.

A notre avis, on doit considérer comme impropre à l'alimentation toute eau contenant plus de 50 milligrammes, et comme étant de très médiocre qualité celle qui en contient plus de 20 à 25 milligrammes. Il ne peut pas être indifférent, en effet, d'absorber journellement des quantités de sulfate ou de chlorure de magnésie pouvant atteindre de 0^{gr}25 à 1 gramme et même plus, suivant le volume de liquide ingéré. Je ne laisserais ni moi ni les miens mourir de soif à côté d'un verre d'eau contenant 200 à 300 milligrammes de sels magnésiens par litre, mais j'éviterais soigneusement d'en faire un usage habituel.

Il est incontestable du reste que de semblables eaux ne sont pas agréables à boire et qu'elles peuvent à la longue débiliter l'organisme, surtout pendant les chaleurs.

“ Absorbés dans l’intestin et introduits dans le sang en surabondance, les sels magnésiens tendent à se précipiter à l’état de phosphate ammoniaco-magnésien, et à former des dépôts dans les divers organes, les reins et la vessie, pour peu que l’économie soit disposée à l’affection calculeuse et dès que les urines deviennent neutres ou alcalines „ (A. Gautier).

Enfin, elles ne conviennent pas aux usages domestiques.

7° **Silice et silicates.** — Etant inutiles, ces substances ne peuvent être que nuisibles; aussi doit-on considérer les eaux dans lesquelles on les rencontre, comme étant de qualité plus ou moins douteuse, suivant les proportions.

Le Dr Guilbert attribue à la quantité considérable de silice que contiennent les eaux du Noyonnais : $0^{gr}010$ à $0^{gr}030$ par litre, les caries et pertes de dents excessivement fréquentes dans la région. Même observation dans les Pyrénées où les eaux sont également très siliceuses.

Ces eaux ne peuvent du reste que fatiguer l’estomac et donner lieu, par doubles décompositions, à la formation d’éléments plus nuisibles encore; enfin, elles sont généralement impropres aux usages domestiques.

8° **Sels de fer.** — Se rencontrent en dissolution dans certaines eaux sous forme de carbonates, de sulfates, de crénates ou d’apocrénates et, en suspension, à l’état d’oxyde. On peut assez facilement s’en débarrasser par exposition à l’air libre et filtration, sauf lorsqu’il s’agit des combinaisons humiques, qui sont généralement très stables. Lorsque la proportion de fer n’est pas supérieure à quelques milligrammes par litre : 1 à 5, par exemple, elle ne présente guère d’inconvénients, mais à une dose plus considérable, les eaux doivent être tenues en suspicion, leur usage constant ne pouvant être que nuisible à l’organisme.

9° **Matières grasses.** — Leur présence implique une pollution par des eaux ménagères, d’égouts, etc., ou par les eaux-vannes de certaines industries : fabriques de savon, de margarine, huileries, blanchisseries, etc. Quelle que puisse être leur innocuité, on doit considérer comme étant impropres à la consommation toutes eaux contenant des matières grasses.

Même remarque en ce qui concerne les matières goudron-

neuses que l'on rencontre parfois dans les eaux contaminées par les résidus de certaines industries.

10° **Matières organiques.** — Une eau potable physiologiquement pure ne doit pas contenir la moindre trace de matières organiques, mais il en est de ces éléments comme de bien d'autres : en fait, les meilleures eaux en empruntent des traces soit à l'atmosphère, soit aux terrains qu'elles ont traversés; cependant comme ces matières sont presque toujours très rapidement détruites soit par l'oxygène, soit par les microorganismes, on peut dire que, pratiquement, les eaux de source non contaminées en sont absolument exemptes.

Cela étant, examinons brièvement quelles peuvent être les limites de la tolérance que l'on peut accorder à celles qui en contiennent.

Pour ce faire, nous devons tenir compte de la nature, de l'état, de la forme, de l'origine et de la proportion des matières organiques dont nous aurons reconnu la présence et effectué le dosage.

Au point de vue de leur *nature,* nous les distinguons en végétales et animales ; de leur *état,* en inaltérées ou décomposées et de leur *forme*, en amorphes ou organisées; leur *origine* et leur *quantité* pouvant être très diverses et très variables.

Les matières *végétales* sont constituées soit par des débris de feuilles, de bois, d'herbes, de tissus divers, etc., soit par des organismes inférieurs, tels que champignons, algues, etc., pour l'étude desquels nous renvoyons au § IV ci-après, soit par des matières humiques ou autres en dissolution.

Les matières *humiques*, *ulmiques* ou *géiques* provenant de la décomposition ou de la putréfaction *lente* des matières cellulosiques dans les terrains ligneux, tourbeux, etc., sous l'action de la chaleur, de l'humidité, probablement même de certains microorganismes spéciaux et que l'on rencontre en dissolution dans l'eau sous forme d'ulmates, crénates et apocrénates alcalins, ferrugineux, etc., ou encore d'ulmine ou d'humine, etc., paraissent être sinon complètement inoffensives, tout au moins peu dangereuses. Ainsi dans les pays recouverts de tourbières, de vastes bruyères ou d'immenses forêts comme la Hollande, certaines régions de la Belgique et de la France, l'Amérique du Sud, etc., on boirait

impunément des eaux jaunâtres, brunâtres, presque noires même et contenant ou peuvant contenir de 0gr1 à 0gr3 et même plus de matières humiques.

En admettant qu'il en soit réellement ainsi, cela ne prouverait pas absolument que ces eaux sont inoffensives; mais si nous nous en rapportons à ce que nous avons vu et appris sur les lieux mêmes, nous avons le droit d'émettre un doute sérieux sur les appréciations favorables que nous venons indiquer. Ainsi on peut lire dans l'*Encyclopédie d'hygiène et de médecine publique* du Dr Rochard, t. II, p. 435, que " la petite ville d'Arcachon, boit sans inconvénients sensibles des eaux jaunâtres colorées par la matière humique empruntée au sous-sol environnant ". Or, nous avons habité cette localité pendant un an (1891) et nous savons, *de science certaine*, que l'état sanitaire de la population s'est considérablement amélioré depuis que l'édilité a fait établir une distribution d'eau potable puisée au lac de Cazau et amenée non sans grands frais, dans toutes les parties de la ville. Les arguments employés par le corps médical de cette cité balnéaire enchanteresse, pour démontrer à qui de droit la nécessité de supprimer l'usage des eaux de puits déclarées hautement insalubres, etc., etc., sont encore présents à l'esprit de tous les habitants et ont du reste été publiés dans des brochures, opuscules, journaux, etc., dont plusieurs nous ont été communiqués.

L'expérience suivante, rapportée dans le même ouvrage, p. 436, serait plus caractéristique si elle était accompagnée des documents analytiques nécessaires pour apprécier le degré d'impureté de l'eau et si en outre elle avait été continuée pendant un temps suffisant. Telle quelle, elle prouve simplement que les eaux peuvent être très chargées de matières végétales sans être toxiques ou immédiatement dangereuses; encore faut-il faire remarquer qu'il s'agit d'un cours d'eau à ciel ouvert, recevant les liquides de macération d'une plante exposée à l'air libre, liquides dont le principal inconvénient est d'absorber assez rapidement l'oxygène dissout pour tuer les poissons, mais qui ne sont, en somme, que des macérations végétales *récentes* diluées dans une grande masse d'eau et continuellement, incessamment renouvelées. Ceci dit, voici l'expérience dont il s'agit.

M. Parent-Duchatel désirant s'assurer si réellement les eaux

jaunâtres, d'une odeur repoussante et d'un goût nauséabond, de ces petites rivières ou ruisseaux bordés de routoirs, sont réellement aussi dangereuses que le public le dit, en fit recueillir une certaine quantité qu'il filtra soigneusement et qu'il but et fit boire pendant plusieurs jours à une partie de sa famille et à plusieurs malades de la clinique d'Andral, sans le moindre accident.

" Il n'y a donc pas de *danger réel* à avaler ainsi *quelques gorgées* d'eau filtrée, salie de matières humiques ou même en état de se décomposer " (A. Gautier). Pas plus évidemment, ajouterons-nous, que d'avaler *quelques gouttes* de liqueur de Fowler ou tout autre toxique analogue, mais nous nous permettrons de faire remarquer qu'il ne s'agit pas ici d'expériences de courte durée, mais bien de la potabilité journalière, de l'usage indéfiniment prolongé d'eaux contaminées, ce qui change la question du tout au tout. Il ne viendra, en effet; à l'idée de personne de faire son ordinaire d'une eau de routoir et si cela arrivait, nous doutons fort que l'expérimentateur pût continuer à la boire pendant bien longtemps.

Quoi qu'il en soit du reste des observations pour ou contre la nocuité des matières humiques, il paraît évident qu'elles peuvent se rencontrer dans les eaux en quantité assez élevée : depuis quelques milligrammes jusque quelques centigrammes, sans altérer sensiblement leur pureté; cependant nous ne considérerions pas, à beaucoup près même, comme potables des eaux en contenant jusque $0^{gr}100$ (Blas), $0^{gr}120$ (Almen), $0^{gr}150$ (Lajoux).

Mais il importe de faire une distinction au sujet de l'origine de ces matières et de ne pas confondre les eaux circulant sur des terrains semblables à ceux dont il est question plus haut et les *eaux stagnantes marécageuses* dont l'action délétère a été mise en évidence pages 287 et suivantes.

Il est vrai que l'analyse chimique ne permet point semblable distinction, mais si l'analyste ne connaissait pas l'origine de l'eau soumise à son examen — ce qui arrive parfois, certaines personnes se faisant un malin plaisir d'embarrasser le chimiste en lui cachant la nature de l'eau qu'elles lui envoient ou même,

comme le rapporte Miquel, en la salissant expressément! comme si les difficultés n'étaient déjà pas assez grandes naturellement — il lui suffirait de recourir à l'examen microscopique; celui-ci lui révélerait certainement la présence d'organismes inférieurs : algues blanches, infusoires, etc., qui ne se rencontrent que dans les eaux stagnantes *altérées*.

En effet, les eaux de tourbières, de bruyères, de forêts, etc., non stagnantes ni croupissantes, c'est-à-dire *non marécageuses*, peuvent tenir en suspension des débris végétaux plus ou moins nombreux, des grains de pollen, des débris d'insectes, des particules terreuses, ferrugineuses, etc., mais en fait d'organismes, il est rare d'y trouver autre chose que des diatomées et quelques algues vertes ou brunes.

Il ne peut être sans intérêt de rapporter ici en soulignant certains passages ou certains termes sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir sur les dangers des eaux marécageuses, l'opinion de deux savants français, MM. A. Gautier et Marchand, qui se sont tout particulièrement occupés de l'étude des dites eaux au point de vue hygiénique. Le premier attribue, il est vrai, l'action délétère de ces eaux non aux matières organiques elles-mêmes, mais bien aux microorganismes de toute nature qui peuvent s'y développer abondamment, grâce à la présence des nombreux produits de décomposition de ces matières; cependant il ne peut se défendre, malgré ses convictions microbiopathogéniques nettement caractérisées — pour s'en convaincre mieux encore, voir ci-après — de reconnaître incidemment que le microbe n'est pas tout.

“ Les eaux d'étangs ou de mares..... sont malheureusement, faute de toute espèce d'eau, quelquefois grâce à l'incurie des habitants, la boisson habituelle de plusieurs contrées. „

. . . .

“ Sur les bords de notre Méditerranée, toutes les populations chétives de pêcheurs, de chasseurs et de laboureurs de la Camargue et des basses plaines en bordure des étangs et de la mer ne s'abreuvent guère que de ces eaux marécageuses.

„ Dans la saison d'hiver, alors que la plupart des êtres inférieurs restent ensevelis dans leurs germes, et que la rigueur de la température empêche la pullulation des microorganismes, ces

eaux, quoique stagnantes et chargées de débris fermentescibles, n'ont souvent à être bues de désavantage que leur fadeur, leur peu d'aération et l'excès de leurs sels terreux ou de leurs matières organiques. Mais, dès les premières chaleurs de l'été et plus encore au moment des pluies d'automne, se développent dans ces eaux dormantes les innombrables germes d'infusoires et de microbes que l'air, le sol et les ensemencements des précédentes années y ont accumulés. Les *produits de la vie normale*, et plus tard de la *décomposition* de *tous ces êtres microscopiques*, se *dissolvent* dans les eaux et s'*en exhalent* même quelquefois à l'état de *gaz* miasmatiques *délétères*. Leurs *émanations* peuvent devenir si denses que l'approche seule de certains marais et des lacs sacrés des solitudes et pèlerinages célèbres de l'Inde est quelquefois dangereuse pour le voyageur. *A plus forte raison, la boisson de ces eaux* devient-elle pour l'homme et les animaux une cause active d'accidents de toute sorte et quelquefois d'épidémies meurtrières. On ne saurait douter que l'emploi de tels breuvages, plus encore que le séjour au bord de ces marais ou de ces lacs méphitiques, ne soit le mode le plus habituel par lequel se transmettent et se répandent la fièvre intermittente, la dysenterie et le choléra. „

. . . .

“ En résumé, que ces eaux baignent ou non des végétaux, dès qu'elles deviennent croupissantes et soumises à l'action de la chaleur et de la lumière, elles constituent un terrain de culture où se développent non seulement les gaz et les miasmes les plus délétères, mais où pullulent en quantité innombrable les êtres les plus variés et les plus dangereux. Tout au plus pourra-t-on, si l'on vit dans des pays dénués d'autres eaux de boisson, *détruire ces organismes et ces miasmes* par l'*ébullition* préalable de ces eaux dangereuses. „ (A. Gautier, *loc. cit.*, pp. 400 à 402).

Marchand, qui a surtout étudié le développement de la matière organique dans les eaux de marais ou d'étangs du pays de Caux a fait à ce sujet les remarques suivantes :

“ Si les eaux stagnantes sont exposées à la lumière et ne baignent pas de grands végétaux (c'est le cas des étangs), elles se recouvrent d'abord de productions cryptogamiques vertes ou rouges qui envahissent peu à peu la surface; puis quand cette

végétation est arrivée à intercepter en partie la lumière dans les couches inférieures du liquide, il se développe au-dessous d'elles une infinité d'animalcules microscopiques. Ceux-ci ne vivent que d'une existence éphémère: ils meurent bientôt; de nouvelles générations se produisent, se succédant ainsi à bref délai, tandis que leurs restes se déposent au fond de l'eau et s'y putréfient. En même temps que se passent ces transformations, si l'eau contient des sulfates, et c'est le cas le plus général, ces sels se décomposent à leur tour, grâce aux matières organiques et aux bactéries réductrices, et deviennent une nouvelle cause de production de gaz fétides; il se dégage bientôt de l'hydrogène sulfuré et jusqu'à des hydrures de phosphore, tandis que le liquide devient alcalin.

„ Si au contraire les eaux baignent des végétaux aquatiques (tel est le cas des marais), un grand nombre d'infusoires naissent au-dessous des feuilles des plantes, meurent et se déposent comme précédemment au fond de l'eau. Parmi les productions cryptogamiques apparaissent surtout des mucédinées, la *Conferva crispata* si envahissante, la *C. bombycina,* la *C. vesicata,* le *Melosira varians,* l'*Orchalcœa* de Morren; les animaux sont représentés par de nombreux infusoires de diverses espèces, des insectes, des œufs et des germes. En même temps, ces eaux fourmillent de bactéries de toute nature.

„ Dans le cas des marais où les *typha,* les *carex*, les roseaux abondent, sous l'influence de la disparition continue des gaz putrides que les végétaux absorbent ou détruisent, grâce à leur oxygène, les eaux ne développent aucune ou presque aucune odeur. Elles se colorent seulement un peu par l'humus. *Elles dissolvent une matière acide*, *jaunâtre, non azotée*, et tiennent comme en suspension une sorte d'albumine qui leur communique une légère viscosité. Elles acquièrent ainsi ce goût fade caractéristique, dit *goût marécageux. L'été surtout*, ces eaux sont *difficilement supportées* et *fatiguent l'estomac. Elles produisent* de l'embarras gastrique, des flatulences, du dévoiement, lors même qu'elles ne transmettent pas à l'homme ou aux animaux les germes de maladies plus graves : fièvres intermittentes, rémittentes ou pernicieuses. „ (*Loc. cit.,* pp. 401 et 402.)

Nous pourrions multiplier ces exemples en les empruntant à divers auteurs anglais, allemands, etc., mais ce serait nous répéter

inutilement, ceux que nous venons de citer les résumant tous et suffisant du reste à la démonstration du principe de la différenciation des eaux de marais, stagnantes ou croupissantes, chargées de matières organiques végétales et même animales en décomposition et les eaux courantes des terrains tourbeux et autres, contenant simplement des matières humiques, sortes de sels végétaux relativement inoffensifs, en dissolution. Il en résulte que si l'on peut admettre ces dernières à concurrence de 30, 40, 50 milligr. par litre, on devra se montrer beaucoup plus sévère au sujet des premières et ne pas en tolérer plus de 10 à 20 milligr. au maximum par litre.

Rappelons que la proportion des matières organiques varie avec les circonstances, la saison, etc., et même du matin au soir dans les eaux tranquilles.

Ferrand (de Lyon) explique le fait comme suit :

“ La matière organique, plus légère que toutes les autres substances en suspension dans l'eau, se précipite naturellement la dernière pendant la nuit, quand le liquide est au repos dans les tuyaux. Le matin, au contraire, quand les ménagères ouvrent en masse les robinets d'alimentation, une secousse est donnée à la masse aqueuse et la matière organique est appelée la première. „ (*In* Prothière, *loc. cit.*)

Si certaines matières organiques d'origine végétale peuvent être tolérées occasionnellement, l'on ne pourrait par contre se montrer trop sévère en ce qui concerne les matières animales; aussi tous les hygiénistes sont-ils d'accord pour les proscrire énergiquement et rejeter toute eau qui en contient des traces sensibles.

Les raisons de cet ostracisme sont diverses. Pour quelques-uns, ces matières sont nuisibles parce que azotées et décomposables en produits ammoniacaux, nitreux, sulfhydriques, etc., dont l'ingestion peut être suivie d'accidents; pour d'autres, il y a lieu d'ajouter à ces produits ceux bien autrement nocifs connus sous la dénomination de ptomaïnes de la putréfaction; pour d'autres encore, les eaux contenant des matières animales ne sont mauvaises que par le nombre et surtout la nature des germes (lisez microbes) qu'elles contiennent ou peuvent contenir; enfin, pour

tous ou tout au moins pour le plus grand nombre, elles doivent être suspectées en raison de l'origine, la plupart du temps fécaloïde, des matières dont il s'agit.

Les partisans du contage inanimé jugent de la valeur hygiénique d'une eau par sa teneur en azote ; ceux qui professent les opinions de M. Pasteur et de M. Koch se basent sur les résultats de l'analyse microbiologique pour prendre une décision. Pour les premiers, toute eau qui contient plus de $0^{mgr}1$ à $0^{mgr}2$ d'azote albuminoïde par litre, doit être rejetée ou fortement suspectée suivant les cas et ne peut jamais servir à la consommation journalière. La conséquence nécessaire de cette manière de voir est la condamnation formelle, absolue de toutes les eaux de puits, de rivières, de fleuves, de canaux, etc., polluées par les eaux d'égout, de fosses d'aisance, de fosses à purin, etc., etc., ainsi que par tous les détritus de même nature.

Cette manière de voir n'a pas été sans soulever des objections.

On a dit que toutes les matières animales ne sont pas également dangereuses et qu'il en est même d'inoffensives : telles sont par exemple la leucine, la tyrosine, certaines matières protéiques très lentement et surtout très difficilement décomposables, etc.

On a en outre soutenu que les eaux courantes rapides, largement exposées à l'air et au soleil, peuvent être salies, sans inconvénients sensibles, par des produits en voie de putréfaction même s'ils sont azotés, la lumière, l'oxygène, les plantes vertes, certains microorganismes, etc., brûlant rapidement ces matières.

Enfin, on a ajouté que si l'on devait condamner toutes les eaux qui contiennent plus de $0^{mgr}2$ d'azote albuminoïde, on risquerait d'assoiffer des populations entières qui pourtant usent, depuis toujours et sans aucun inconvénient, d'eaux bien moins pures. C'est ainsi par exemple qu'un chimiste français, M. Petit, de Paris, a affirmé au Congrès d'hygiène de 1885, avoir trouvé dans les eaux de la Vanne qui alimentent Paris et sont reconnues excellentes, de $1^{mgr}2$ à $1^{mgr}4$ azote albuminoïde et que d'autres ont rencontré dans certaines eaux de tourbières qu'ils déclarent délicieuses, $0^{gr}8$ à 1 milligramme d'azote de même nature.

Que certaines matières animales soient inoffensives ou peu dangereuses, c'est là un fait incontestable ; il ne viendra, en effet,

à l'esprit de personne de soutenir que le bouillon et la viande sont nuisibles à l'état frais, mais les exemples d'empoisonnement souvent mortels par ces mêmes substances *altérées* sont trop nombreux pour qu'il soit permis de mettre leur nocuité en doute.

Cependant, la *quantité* de produits toxiques joue ici un grand rôle : c'est ce que M. Gautier a prouvé en injectant à de petits oiseaux (moineaux et serins) 10 centigrammes de jus de viande en putréfaction depuis trois semaines sans les tuer. Il est vrai que ce savant ajoute que ce résultat favorable est dû à la précaution qu'il avait prise de séparer les microbes par une filtration parfaite ou par ébullition. D'après lui, ce ne serait que tout à fait exceptionnellement que les matières putrides " s'accumuleraient dans les eaux en quantité suffisante pour les rendre sensiblement et directement nuisibles. " (*Loc. cit.*, p. 437.)

Mais on oublie trop, dans des expériences de cette nature, le rôle que joue le " temps " et dont l'importance est capitale. Certes, on peut quelquefois boire de temps à autre une gorgée d'eau détestable, polluée au plus haut point, sans courir grands risques, mais que l'on essaie donc de s'alimenter journellement avec semblable liquide et l'on nous en dira des nouvelles! Et pourtant nous savons avec quelle facilité l'organisme s'accommode des substances qui lui sont le plus nuisibles.

D'autre part, les déjections animales, c'est-à-dire celles que l'on rencontre le plus fréquemment dans les eaux potables, sont constituées par des matières organiques ayant subi une décomposition profonde et se présentant, par conséquent, dans les conditions les plus favorables à une putréfaction rapide et intense.

C'est ainsi que M. Gautier a pu dire avec infiniment de raison qu'à " cause de son activité extrême et des transformations qu'elle peut subir, la matière organique des déjections humaines et des résidus de la vie journalière doit être, en effet, plutôt appréciée par sa qualité que par son poids. "

Il est incontestable, et nous avons insisté sur ce point page 301, que certaines eaux se purifient promptement, mais il importe de ne pas perdre de vue que la destruction de la matière organique n'est jamais, à beaucoup près même, instantanée et que si la pollution est continue elle fera toujours sentir ses effets sur une étendue plus ou moins considérable à partir du lieu même où elle se produit.

Nous avons dit également et nous ne pourrions trop le répéter, que l'état de santé des populations n'est pas et ne peut pas être un critérium absolu de la valeur hygiénique d'une eau. Tout d'abord rien n'est moins précis, plus élastique, que les statistiques médicales; en second lieu, l'accoutumance joue un rôle considérable; enfin, on a constaté que les maladies épidémiques frappaient avec le plus de rigueur là où les conditions hygiéniques étaient le moins satisfaisantes: or, parmi ces conditions, nul ne conteste le rôle considérable des eaux de boisson.

Les microbiologistes n'envisagent la question qu'au point de vue du contage animé; pour eux, les matières animales, même les plus fortement putréfiées, n'ont d'autre inconvénient que d'introduire dans l'eau des bactéries pathogènes ou bien de constituer un milieu favorable à leur pullulation. Il suffirait de filtrer avec soin ou de faire bouillir pour éloigner tout danger.

“ Sans doute, dit M. Gautier, le croupissement des eaux, leur désaération, la putréfaction des substances organiques altérables qui les charge de matériaux à odeurs infectes, d'acides gras organiques, de gaz délétères, de substances humiques, etc., constistuent des conditions on ne peut plus défavorables au point de vue de l'aspect et du goût, aussi bien que de la digestibilité de ces eaux : ce ne sont plus là certainement de bonnes eaux potables. Mais, sauf quelques cas, comme dans les pays chauds de l'Afrique et de l'Orient, et ces lacs sacrés de l'Inde où se sont accumulées, durant des siècles, des matières animales de toute sorte, les accidents attribuables aux substances organiques dissoutes ne sauraient être bien graves, et ces eaux pourraient même dans bien des cas servir de boisson, à la condition *qu'on prît la précaution de les faire bouillir, ou de séparer par un bon filtre les microbes qui sont bien autrement dangereux que les produits définis non vivants qu'elles contiennent, lors même qu'ils seraient putrescibles.* „

. . . .

“ Ce qui fait le danger de ces boissons, c'est surtout la présence des microorganismes qu'elles tiennent en suspension et qui grâce aux sels, aux azotates et aux substances d'origine animale ou végétale, s'y organisent et pullulent rapidement. Comme l'a surtout démontré Pettenkoffer à Munich, lorsque par les temps

de sécheresse la nappe d'eau souterraine s'abaisse, elle laisse à sec ou plutôt dans un état d'humidité et de température très favorable à la reproduction des microorganismes, non seulement une partie des parois des puits, mais aussi les canaux souterrains qui mettent ces réservoirs en rapport avec la nappe d'eau du sous-sol. Dès que sous l'influence des pluies de la contrée cette nappe se relève, les eaux qui affluent de toute part entraînent dans le puits toutes les bactéries ou moisissures qui s'étaient produites et accumulées dans les canaux et fissures du sous-sol, aussi bien que les résidus organiques imparfaitement oxydés et souvent chargés de germes venus de la surface et qui avaient imprégné le terrain ambiant. L'eau des puits constitue alors un vrai cloaque; elle prend une odeur sensible, une saveur nauséeuse et devient un des agents de propagation les plus dangereux de la scrofulose, des dysenteries et surtout de la fièvre typhoïde. „

Ce que nous avons dit jusqu'ici de la théorie microbienne, notamment pages 292 et suivantes, nous dispense de réfuter ici ce qu'elle a de manifestement exagéré, pour ne pas dire plus.

IV. — Éléments en suspension.

A. — D'ordre micrographique.

a) **Favorables.** — Les belles et intéressantes recherches de Ch. et A. Morren ont démontré que certains organismes : animalcules ou plantes verts, devaient être considérés comme des agents de purification des eaux potables.

Depuis, divers auteurs et notamment M. A. Gérardin (1), ont montré tout le parti que l'on pouvait tirer d'une observation microscopique bien faite, en ce qui concerne l'appréciation de la valeur hygiénique d'une eau potable. Voici notamment comment s'exprime sur ce sujet le savant professeur français :

“ Si les eaux sont saines, les algues sont plus ou moins volumineuses, chargées de chlorophylle; leur structure est complexe, les articulations sont bien marquées et souvent les cellules fructifères sont distinctes des cellules végétatives. „

(1) *Arch. des missions scientif. et litt.*, 1873, pp. 461 et suiv.

Cependant on doit, ici comme partout, éviter les extrêmes; aussi ne considérera-t-on pas comme de premier choix une eau qui contiendrait des *quantités considérables* d'algues vertes et l'on devra même au contraire la tenir en suspicion ou tout au moins comme pouvant devenir ultérieurement mauvaise par suite de la mort et de la corruption de ces plantules sous l'influence de diverses causes imprévues.

b) **Résultats douteux ou sans signification précise.** — La présence d'un très petit nombre de débris végétaux ou animaux autres que ceux dont il sera fait mention aux littera suivants, est sans importance au point de vue hygiénique. Certes, il est préférable qu'une eau soit micrographiquement pure, mais c'est là un idéal auquel il ne faut jamais songer, même pour des eaux aussi bien filtrées et aussi bien abritées que faire se peut.

c) **Éléments dont la présence est suspecte.** — On ne connaît jusqu'ici qu'un très petit nombre d'éléments nuisibles par eux-mêmes, mais il en est beaucoup dont la présence doit rendre l'eau très suspecte parce qu'ils sont les indices manifestes d'une contamination ou d'une pollution plus ou moins considérable directe ou indirecte, ancienne, récente ou même future.

Ainsi de nombreux débris minéraux : argile, marne, craie, sable, charbon, etc., végétaux ou animaux, tels que fibres textiles, poils, herbes, plantes diverses, insectes; de petites quantités d'algues inférieures colorées ou non, de champignons, d'infusoires, de rotifères, d'arthropodes, etc., doivent faire suspecter la pureté de l'eau. Peu importe du reste qu'ils s'y trouvent tous ou seulement quelques-uns à la fois ou même qu'il n'y en ait qu'un seul : les résultats sont les mêmes et ne varient qu'au point de vue de l'intensité, de la nature et de l'origine. Ainsi, par exemple, si l'eau est habituellement limpide, les matières terreuses indiqueront qu'elle a été salie par des lavages de terrains plus ou moins éloignés ou rapprochés, par le soulèvement des vases du fond, l'érosion des rives, l'afflux de neiges ou de glaciers brusquement fondus, etc.

La présence de débris de tissus, de poils, fibres, etc., en grand nombre indiquera que les eaux sont mal abritées ou même qu'elles ont reçu ou reçoivent des eaux ménagères, d'égouts, de buanderies, etc. Dans les eaux de surface, qui coulent à travers de grandes

agglomérations humaines ou qui stagnent aux environs, la constatation de ces débris n'a pas une valeur diagnostique et pronostique aussi sérieuse que lorsqu'il s'agit d'eaux profondes, puits, citernes, réservoirs de grande canalisation, etc. Dans ce cas, ils constituent des signes évidents de pollution extérieure et montrent que des communications anormales : rigoles, fissures, etc., existent entre ces eaux et le sol environnant.

Enfin, des algues ou des champignons incolores, des infusoires, des microbes, etc., en petit nombre doivent toujours, à quelques catégories qu'ils appartiennent, faire soupçonner la pureté du liquide, mais non le condamner, surtout si l'on constate en même temps la présence d'algues vertes supérieures, de diatomées brunes, etc., et si l'analyse chimique n'a pas fourni de résultats défavorables au point de vue des matières organiques en dissolution.

d) **Eaux impures, non potables.** — Doivent être considérées comme étant impropres à la consommation, toutes les eaux au sein desquelles les éléments ou organismes ci-après mentionnés seraient rencontrés.

1° Œufs ou larves de tenia, d'ascaride, d'oxyure, d'ankylostome duodénale d'anguillula intestinalis, de distome, de filaire, de bilharzie, l'hirudo vorax, etc.

2° Débris ou fragments de fibres musculaires striées ou lisses, de nerfs, de fibres élastiques ou connectives des cristaux ou gouttelettes graisseuses, des grains d'amidon, des pigments stercoraux, etc., surtout lorsqu'il est démontré qu'ils proviennent de matières fécales, c'est-à-dire qu'ils ont traversé le tube intestinal. Cette démonstration n'est pas toujours des plus faciles, il est vrai, mais en s'aidant des commémoratifs et en tenant compte des renseignements que nous avons donnés pp. 158 à 160 ainsi que de la présence simultanée de plusieurs de ces éléments, on peut fréquemment se prononcer avec certitude sur l'origine de la contamination. Au surplus, comme ils indiquent toujours une pollution sinon directement fécaloïde tout au moins due aux eaux sales du ménage, eaux d'égout, d'écurie, de buanderie, etc., pollution qui ne peut pas plus être tolérée que celle dont l'origine est attribuable aux fosses d'aisance, etc., des eaux ainsi contaminées ne peuvent, *sous aucun prétexte*, être considérées comme

propres à la boisson, aux usages domestiques, ni même au lavage des rues, planchers, etc.

Nous avons déjà vu que les fleuves, canaux, bassins, etc., peuvent être et sont fréquemment pollués par les déjections des bateliers et les résidus de la vie journalière des personnes qui naviguent ou stationnent sur ou dans ces eaux; lorsque celles-ci ont un cours rapide, c'est-à-dire lorsqu'elles sont fréquemment renouvelées, fortement aérées, etc., et que la contamination n'est ni trop abondante ni trop fréquente, on peut se montrer plus tolérant, l'oxydation des matières dont nous parlons étant assez prompte et leur proportion du reste minime. Mais lorsqu'il s'agit de bassins, de canaux à cours lents, d'étangs, etc., il faut se montrer d'une sévérité excessive, même outrée, et ce quand bien même l'on ne croirait pas aux dangers de nature microbienne. C'est ainsi que notre regretté collaborateur et ami, feu le Dr Lermuseau de Leffinghe-lez-Ostende, a signalé depuis et pendant plusieurs années, une épidémie de fièvre typhoïde éclatant régulièrement pendant la période sucrière en aval de la grande fabrique de sucre l'*Espérance*, de Snaeskerke, fabrique située sur les bords du canal de Plasschendaele à Nieuport où les centaines de bateliers qui y conduisent les betteraves jettent toutes leurs ordures, de telle sorte que l'analyse microscopique y révèle aisément la présence des divers débris d'origine intestinale.

3° *Des débris d'épithelium* intestinal, vésical ou vaginal pourront être parfois rencontrés dans les eaux de puits, de citernes ou de mares fortement et récemment contaminées par les matières fécales, les urines, etc., de certains malades : dysentériques, typhiques, cholériques, néphritiques, etc. Par contre, il sera exceptionnel de les trouver dans des eaux courantes, surtout rapides.

4° *Organismes vivants.* — Des quantités plus ou moins considérables de saccharomyces, de monades, d'infusoires, d'algues inférieures ou de champignons, de vers ou d'arthropodes devront également faire rejeter l'eau; cependant il y a lieu d'établir une distinction entre ceux de ces organismes qui ne peuvent vivre que dans les matières en putréfaction : champignons, microbes, monades, etc., et ceux dont l'organisation, relativement supérieure, permet une nutrition directe.

Pour le surplus, on devra se reporter au chapitre II, où nous avons indiqué brièvement les rapports qui existent ou peuvent exister entre certains organismes ou groupes d'organismes, et le degré de corruption des eaux où ils seront trouvés.

B. — D'ordre microbiologique.

a) *Quantitatifs.*

Théoriquement, on connaît des eaux amicrobiques : la plupart des nappes souterraines, les eaux filtrées par une bonne bougie Chamberland et recueillies avec toutes les précautions nécessaires ne contiennent aucun germe. Pratiquement, il n'existe pas une seule eau qui soit absolument pure, de telle sorte qu'un dosage étant terminé on peut et l'on doit se demander quelle est la signification hygiénique des résultats obtenus.

A l'origine, on a tenté de fixer un chiffre en deçà duquel toute eau pouvait être réputée bonne, tandis qu'au delà elle devenait suspecte ou mauvaise suivant les cas.

Miquel, à qui l'on doit tant et de si précieux documents, travaux et recherches sur l'analyse microbiologique de l'air et des eaux, a établi une sorte d'échelle décimale dans laquelle chaque échelon ou facteur est 10 fois plus élevé que celui qui le précède, de telle sorte que les nombres qu'elle comprend sont aisés à retenir. Ainsi une eau qui contient moins de 10 germes par centimètre cube est excessivement pure et plus de 10, mais moins de 100, très pure; de 100 à 1,000, elle est encore pure, tandis que de 1,000 à 10,000 elle est médiocre, impure au delà et jusque 100,000, enfin très impure au-dessus de ce dernier chiffre.

10, 50, 100 millions de microbes par litre d'eau, c'est évidemment énorme et l'on comprend qu'un bactériologue et, *a fortiori*, le *vulgum pecus*, dont nous faisons tous plus ou moins partie, reculent effrayés devant une semblable invasion; aussi nombre de spécialistes estiment-ils que leur aîné s'est montré trop bon prince et conseillent-ils de ne considérer comme potables que les eaux dans lesquelles on ne découvre pas plus de 500 ou même 300 microbes — ce dernier chiffre semble même détenir le " record " — par centimètre cube. Il est juste d'ajouter, cependant, que

bon nombre de savants sont d'avis qu'il est puéril de vouloir fixer un chiffre et que c'est se leurrer et leurrer le public que d'agir de la sorte.

“ Une eau est pure quand elle est pure, dit M. Duclaux, c'est-à-dire quand elle ne contient pas de germes du tout. Si dans les laboratoires nous faisons parfois des numérations, ce n'est pas pour faire des fétiches des chiffres trouvés, c'est pour recueillir des faits et y puiser des idées, suivant la formule de Buffon. Mais nous n'avons jamais songé à considérer comme inoffensifs les germes qui sont au-dessous de 300, comme dangereux ceux qui dépassent ce chiffre. Nous nous défierons davantage d'une eau qui reçoit une minime quantité de matières excrémentielles que d'une eau chargée de germes pour avoir lavé une région déserte. „

Hippocrate dit oui, Gallien dit non.

Comme *consommateur,* j'avoue franchement que tout cela me laisse absolument froid et qu'il m'est totalement indifférent de savoir que le verre d'eau claire que je vais boire contient 300 ou 3,000, 500 ou 50,000 microbes par centimètre cube, lorsqu'il m'est permis de constater que l'épiderme velouté d'une pêche de Montreuil-sous-Bois, par exemple, donne asile à près d'une centaine de millions de microbes; les eaux de Vichy (Grande grille et l'Hôpital notamment), que des milliers et des milliers de gens atteints de diabète, d'hépatites, de gastrites, etc., etc., boivent journellement et pendant des mois et des mois, *572,000* à *694,000* bactéries par centimètre cube (1) — vous avez bien lu, n'est-ce pas? *plus d'un demi à deux tiers de* **milliard** *par litre!!* — l'eau de Saint-Galmier, recommandée comme eau de table par toutes les sommités médicales du monde entier au lieu et place des eaux ordinaires, en héberge 410,000 par centimètre cube (analyse personnelle)!

Mais comme *auteur*, je reconnais, sans fausse honte aucune, me trouver ici dans un embarras d'autant plus grand qu'il ne m'est même pas permis de tabler sur la *qualité* des germes, deux douzaines d'expérimentateurs au moins, dont un vieillard de 75 ans,

(1) ROMAN et COLLIN, *Ann. de méd. therm.*, 1891.

M. von Pettenkofer (page 298), ayant avalé impunément chacun un bon milliard de microbes du choléra asiatique sans ressentir autre chose qu'un peu de diarrhée et encore pas toujours!!

Aussi me bornerai-je à l'énoncé des opinions et des chiffres susmentionnés ; chacun en pourra prendre ce qu'il voudra.

Mais si j'estime qu'il est sans utilité et même fort imprudent de fixer un nombre quelconque comme base d'appréciation, cela ne veut pas dire que je considère le dosage des bactéries comme inutile, loin de là même. Le procédé peut. en effet, rendre de très sérieux services pour apprécier les variations de richesse microbique d'une eau à divers moments et sous l'influence de diverses causes, telles que la chaleur, le froid, les pluies, les pollutions, etc. Ainsi par exemple, si dans une eau de puits, de canalisation, etc., dont on connaît la teneur moyenne en bactéries, on constate tout à coup une augmentation *considérable*, on est en droit de soupçonner soit une pollution accidentelle, soit ün dérangement dans le ou les filtres, etc., toutes choses précieuses à connaître. Enfin, ce dosage devra encore être effectué et à de nombreuses reprises, chaque fois qu'une administration voudra procéder au captage d'une ou plusieurs sources en vue d'établir une distribution d'eau potable, une eau pauvre en bactéries devant toujours être préférée, toutes autres choses égales d'ailleurs, à une autre qui en contient beaucoup.

b) *Qualitatifs.*

Les détails dans lesquels nous sommes entrés au sujet du rôle étiologique des eaux potables et de la recherche des bacilles typhiques et cholériques, nous permettront d'être bref en ce qui concerne l'interprétation des résultats de l'analyse *qualitative.*

Jusqu'ici on ne connaît guère, du moins dans nos contrées, que deux bacilles pathogènes dont la présence dans les eaux potables constituerait un danger pour les populations : ce sont ceux du choléra asiatique et du typhus; les bacilles de la malaria, de la dysenterie, etc., que quelques auteurs ont signalés soit dans l'organisme, soit dans l'air ou dans l'eau, sont trop peu connus, trop incertains même, pour qu'il faille en tenir compte. Cependant, on a de sérieuses raisons d'attribuer au *ba-*

cillus coli commune, que l'on rencontre fréquemment dans les eaux contaminées par des fèces humaines, un rôle de plus en plus considérable dans la genèse du choléra, de la fièvre typhoïde, etc. C'est ainsi que MM. Rodet, G. Roux et Vallet ont constaté sa présence, à l'exclusion de celui d'Eberth : 1° dans l'eau du collège de Cluny, où 119 personnes sur 215 furent atteintes de fièvre typhoïde; 2° dans deux communes des Basses-Alpes et du Jura, où cette affection est endémique; 3° dans un puits d'un restaurant de la ville de Lyon.

Ce dernier cas vaut d'être conté au long, car il justifie ce qui nous a été raconté au sujet des eaux de puits de cette grande ville (page 303), et prouve en outre combien les analyses chimiques d'eaux gagneraient à être mieux faites.

“ Un des restaurants les plus renommés de Lyon, dit M. G. Roux, possédait un puits dont l'eau était si fraîche et si bonne que certaines personnes venaient prendre leur repas dans cet établissement, de préférence à un tout autre, voisin et aussi renommé, uniquement à cause de cette eau, et de tous côtés les voisins demandaient à s'alimenter à cette pompe idéale. Or il advint, il y a deux ans à peine, qu'un très grand nombre de garçons de ce restaurant, qui y prenaient leurs repas et y couchaient, eurent successivement la fièvre typhoïde. Le médecin traitant conseilla au propriétaire de faire analyser l'eau de son puits au double point de vue chimique et bactériologique; l'analyse chimique constata l'excellence du liquide et confirma sa vieille réputation, mais j'y trouvai une quantité énorme de *B. coli commune*, qui témoignaient d'une communication certaine du puits avec la fosse d'aisance, qui du reste était voisine; je ne pus, il est vrai, déceler la présence de véritables bacilles d'Eberth, mais je n'en conseillai pas moins la réfection complète du puits ou sa fermeture; mon avis fut suivi et depuis il n'y a pas eu, à ma connaissance, de nouveaux cas de dothiénentérie dans cet établissement. „

M. G. Roux ajoute que ce fait “ montre bien la différence fondamentale qui existe entre les données de l'analyse chimique et celles de l'analyse bactériologique „.

Nous ferons observer à notre tour et en passant que si l'analyse chimique eût été faite avec soin, si surtout le chimiste avait eu recours à l'examen microscopique, il eût certes soupçonné et

affirmé qu'une communication devait exister entre la fosse d'aisance et le puits. Dans les conditions où se présentaient l'analyse, la découverte de cette communication était assez simple pour rendre tout examen bactériologique inutile. Ceci dit, fermons la parenthèse et revenons à notre sujet.

Que les divers bacilles dont nous venons de parler soient ou ne soient pas les agents pathogéniques des affections signalées, le fait de leur présence dans une eau doit suffire pour rendre celle-ci suspecte ou dangereuse suivant les circonstances. En effet, ces bacilles peuvent être considérés comme l'indice d'une pollution d'origine fécaloïde, laquelle entraîne pour ainsi dire fatalement la condamnation de l'eau.

Nous disons *pour ainsi dire* et non *absolument* parce que si l'analyse chimique et l'examen microscopique *sérieusement faits* ne donnaient que des résultats favorables, prouvant que la contamination est nulle ou assez ancienne et trop accidentelle, trop passagère pour ne plus avoir laissé d'autres traces de son existence que quelques bacilles, nous déclarons nettement, catégoriquement, que nous ne la considérerions pas comme dangereuse.

Et comme *conclusions*, nous dirons que l'*analyse microbiologique* ne peut, *à elle seule*, nous édifier sur la valeur physiologique, hygiénique des eaux potables, et que les qualités ou les défauts de ces eaux ne peuvent être reconnus et sérieusement établis, que par un ensemble de recherches d'ordre chimique, micrographique et microbiologique et par la connaissance de tous les caractères extérieurs : nature du sol, disposition des réservoirs, perturbations atmosphériques, causes possibles ou probables de pollution, etc.

Il existe évidemment des cas particuliers dont la solution est beaucoup moins complexe et peut même être très facile et très rapide : ainsi une eau contenant des gaz anormaux : SH, PhH, de l'arsenic, du plomb, des larves ou œufs d'helminthes, etc., n'est évidemment pas une eau potable; aussi devient-il parfaitement inutile de chercher si elle contient un excès de chlorures, de sulfates, de bactéries, etc.

Mais ces exceptions, si nombreuses puissent-elles être, n'infirment pas la règle générale que nous venons d'énoncer; elles montrent simplement que chaque cas doit être examiné isolément

et non en se basant sur un facteur unique ou sur un caractère isolé si importants puissent-ils être.

V. — Classification des eaux potables.

Au point de vue hygiénique, les eaux peuvent être classées comme suit, savoir :

Première catégorie. — Eau ne contenant aucun élément anormal soluble, et dont les caractères physiques, la composition chimique et micrographique sont identiques ou très peu différents de ceux que nous avons attribués aux eaux physiologiquement pures.

Elles peuvent être subdivisées en idéalement pures, excessivement pures, très pures et pures.

Deuxième catégorie. — Eaux ne contenant ni éléments anormaux solubles, ni éléments figurés nuisibles, mais plus riches en sels minéraux que les précédentes.

Troisième catégorie. — Eaux dont la teneur en substances inorganiques est normale, mais dans lesquelles on trouve en dissolution ou en suspension des éléments anormaux.

Ces deux groupes comprennent des eaux ordinaires, médiocres, suspectes et mauvaises.

Quatrième catégorie. — Eaux impropres à la consommation et dont l'usage doit être rigoureusement interdit, surtout comme boisson.

1° EAUX IDÉALEMENT PURES. — Elles sont limpides, incolores, inodores, agréables au goût, légères à l'estomac et inaltérables; elles ne contiennent aucun élément figuré ou autre en suspension, ni aucun élément anormal en dissolution; la totalité des sels minéraux normaux qu'elles tiennent en dissolution doit être comprise entre $0^{gr}10$ à $0^{gr}15$, se décomposant comme suit : carbonate de chaux dissous à la faveur d'une quantité normale d'CO^2, 90 à 135 ou 140 milligrammes; chlorure sodique, 10 à à 12 milligrammes; sulfate de chaux, 0 à 2 milligrammes; enfin, les gaz dissous : oxygène, azote et CO^2, devront s'y rencontrer en proportion normale.

Certaines eaux de source recueillies avec tous les soins nécessaires appartiennent à cette classe, mais comme il est pratique-

ment impossible de les mettre à portée du consommateur, celui-ci ne pouvant jamais être astreint ni s'astreindre à les recueillir et à les boire dans des vases stérilisés, nous leur donnons la qualification d'*idéalement pures*.

2° Eaux excessivement pures. — Ce sont les précédentes recueillies avec soin dans des vases ordinaires, mais d'une très grande propreté.

3° Eaux très pures. — Les caractères physiques sont ceux que nous avons indiqués au 1°; les éléments en suspension doivent être rares et absolument inoffensifs; les substances salines ne peuvent s'élever à plus de 0gr20, mais le minimum peut s'abaisser à 40 ou 50 milligrammes; l'oxygène et l'CO^2 dissous pourront varier de 15 à 20 cc., dont 6 à 8 pour le premier et 9 à 12 pour le second.

Ce sont celles que l'on doit s'efforcer, par tous les moyens possibles, de mettre à la disposition des populations. Un grand nombre d'eaux de source, quelques eaux de puits, de ruisseau, de rivière et de lac réalisent ces *desiderata*.

4° Eaux pures. — Les précédentes moins ou plus minéralisées, le maximum des substances minérales en dissolution ne pouvant s'élever au-dessus de 0gr3, dont 0gr2 environ de carbonate de chaux, 50 à 60 milligrammes de chlorures parmi lesquels le chlorure sodique doit entrer pour 40 à 50 milligrammes au moins, et 40 à 50 milligrammes de sulfates alcalins et alcalino-terreux, dans lesquels le sulfate de chaux doit prédominer fortement; enfin, on peut y tolérer des *traces* de phosphates, silicates, fer et alumine, à concurrence de 4 à 5 milligrammes au plus et en totalité.

5° Eaux ordinaires. — Résidu fixe, 0gr3 à 0gr5; oxydes alcalino-terreux, 0gr20 à 0gr25, la magnésie n'étant pas en proportion supérieure à 20 ou 25 milligrammes; 25 à 50 milligrammes de chlorures et 40 à 60 de sulfates; 20 à 25 milligrammes de matières organiques et autant de silicates; 15 à 20 milligrammes de nitrates, 5 à 10 de fer et autant de phosphate calcique; pas d'azote albuminoïde, pas de nitrites, aucune trace d'hydrogène sulfuré, phosphoré, etc.; des traces à peine sensibles de sels ammoniacaux; peu de matières en suspension, et encore doivent-elles être aisément séparables par le repos ou la filtration; pas d'organismes nuisibles, microbes ou autres.

6° Eaux médiocres. — Toutes celles qui contiennent plus de 0gr5 et moins d'un gramme de matières salines, sous condition que les sels normaux soient fortement prédominants et que les caractères physiques ne laissent rien ou peu de chose à désirer. Dans tous les cas elles ne doivent pas être odorantes et la coloration, si elle existe, ne peut être attribuée à des matières organiques d'origine animale. Comme éléments anormaux, on ne tolérera que des quantités modérées de nitrates : 50 à 60 milligrammes au plus, des traces de nitrites et d'azote albuminoïde (0mgr5 au plus par litre), très peu de sels ammoniacaux, moins de 50 à 60 milligrammes de magnésie et de 20 à 25 milligrammes d'alumine, de fer, d'acide phosphorique et de silice.

Encore ne pourra-t-on qualifier de médiocres que les eaux non contaminées par des matières d'origine fécaloïde, urinaire, etc., et on tiendra le plus grand compte, pour cette appréciation, de l'*origine* des sels minéraux et des matières organiques.

7° Eaux suspectes. — Toutes celles dont la minéralisation normale, la teneur en matières organiques, la richesse microbique, les éléments minéraux en suspension, les organismes inférieurs : algues, infusoires, amibes, etc., les éléments anormaux : nitrates, sels ammoniacaux, nitrites et azote albuminoïde seront supérieurs en quantité à ceux trouvés dans une eau médiocre.

Ainsi, nous tiendrons pour fortement suspectes toutes les eaux dont la minéralisation sera supérieure à un gramme environ par litre; celles dont la richesse en chlore, en acide sulfurique et en acide nitrique variera de 75 à 100 milligrammes pour chacun de ces éléments; celles qui contiendraient de 40 à 50 milligrammes de chacune des substances suivantes : silice, alumine, fer, acide phosphorique, matières organiques non azotées, de 1 à 2 milligrammes de nitrites et d'azote organique.

En ce qui concerne les microbes et les autres organismes inférieurs, nous ne pouvons que renvoyer le lecteur au § IV, p. 348 et suivantes, toute détermination quantitative étant forcément illusoire.

8° Eaux mauvaises. — *a*) Toutes celles qui contiennent l'un ou l'autre des éléments anormaux, solubles ou insolubles, figurés ou non, ou l'un quelconque des organes ou organismes mentionnés pp. 326 et 346 à 348.

b) Celles dont la minéralisation est supérieure à 1gr5 par litre quelle que soit la nature des sels dissous.

c) Celles dans lesquelles on rencontre des quantités supérieures à 100 milligrammes environ d'acide sulfurique ou d'acide nitrique; à 15 ou 20 centigrammes au maximum de chlorure sodique et à 50 ou 60 milligrammes de chlorures autres ; à 50 ou 60 milligrammes de sels d'alumine ou de silicates, de phosphates ou de sels ammoniacaux.

d) Les eaux nettement odorantes, celles qui sont colorées par des matières organiques azotées, ou qui contiennent plus de 2 à 3 milligrammes de nitrites et d'azote albuminoïde.

e) Enfin toutes les eaux qui, sans contenir un excès de l'un ou l'autre éléments normaux ou anormaux mentionnés, en contiendraient deux ou plusieurs à la fois. Exemple : ammoniaque inorganique, azote nitreux, azote nitrique et albuminoïde.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES GÉNÉRAUX.

BLANCHARD (R.). — Traité de zoologie médicale, 1890, 2 vol. in-8° et fig., 20 fr.

BRUGNIÈRE. — Vers infusoires, 1790, in-4° de 84 p. et 95 pl.

CLAPARÈDE et LACHMANN. — Etudes sur les infusoires et rhizopodes. Genève, 1858-1861, 2 vol, in-4° avec 37 pl.

CLAUS. — Traité de zoologie, traduit par G. Moquin-Tandon 1884, in-8° de 1,566 p. avec 1,192 fig., 32 fr.

CORNIL et BABÈS. — Les bactéries, 1890, 3e édit., 2 vol. avec pl., 40 fr.

DAVAINE. — Traité des entozoaires et des maladies vermineuses de l'homme et des animaux, 1860, in-8° de 950 p. avec fig., 12 fr.

DUJARDIN. — Histoire naturelle des zoophytes infusoires, etc., 1842, in-8° et 22 pl. col., 21 fr.

EHRENBERG. — Recherche sur l'organisation des animaux infusoires. Leïpzig 1838, 1 vol. avec atlas de 64 pl. col, (en allemand).

FLUGGE et HENRIJEAN. — Les microorganismes, in-8°, 1887.

FROMENTEL (DE). — Etude sur les microzoaires, 1874, in-4° avec pl.

LANESSAN (DE). — Traité de zoologie, 1882, les protozoaires, in-8° de 350 p. et 300 fig., 10 fr.

MACÉ (E.). — Traité pratique de bactériologie, 1891, 2e édit., 10 fr.

MARCHAND. — Botanique cryptogamique, in-8°, 1883.

MULLER. — Animalcula infusoria, etc., 1786.

PAYER. — Botanique cryptogamique, 2e édit., 1 vol. in-8° de 227 p., avec 1,100 fig. dans le texte.

PRITCHARD. — A history of infusoria, etc. London 1861, in-8°, 45 pl.

SACHS. — Traité de botanique, 1874, in-8° avec 500 fig.

VAN TIEGHEM. — Traité de botanique, 1884, in-8° de 1,656 p. et 803 fig.. 27 fr.

OUVRAGES SPÉCIAUX

Annuaire des eaux et forêts de la France.

BERTINS-SANS. — Etude sur les eaux de Montpellier, 1890, in-8°, fr. 0.75.

BLAS (C.), *Les eaux alimentaires* (contribution à leur étude), spécialement en ce qui concerne les eaux de la ville de Louvain, 1884, in-8°, fr. 2.50.

BOUDIN. — Etude sur l'eau en général et sur les eaux potables en particulier, 1854, 52 pages, 2 fr.

BURLUREAUX. — Epuration de l'eau de boisson, 1892, in-8°, 26, fr. 1.50.

CAHEN (L.), — Etude comparative des divers procédés d'analyse microbiologique des eaux potables. Thèse de Nancy, 1886.

CASSEDEBAT. — Le bacille typhique et les B. pseudo-typhiques dans les eaux de rivière. *Ann. Pasteur*, 25 octobre 1890.

CERTES (A.). — Analyse micrographique des eaux, 1883, brochure in-8°, fr. 2.50.

DESPEIGNES. — Etudes expérimentales sur les microbes des eaux 1890, in-8° de 126 p., 3 fr.

DUBARRY (A.). — Contribution à l'étude des microbes pathogènes dans l'eau. Thèse de Paris, 1889.

FARLOW. — Paper on Some Impurities of drinking-water, London 1880, 2 pl. coloriées.

FAURÉ. — Analyse chimique des eaux du département de la Gironde, 1863, in-8°, 3 fr.

GARRIGOU. — Etude sur les filtres et sur l'eau des fontaines de Toulouse, 1873, in-8° de 124 p., fr. 3.50.

GAUTIER (A.). — Les eaux au point de vue hygiénique. *Encyclopédie d'hygiène*, etc., t. II, 3e fascicule, 1890.

HARRAL. — Examen microscopique des eaux de Londres, Londres, 1850, brochure in-8°, avec planches (en anglais).

HERICOURT. — Les bacilles courbes des eaux, 1885, in-8°, fr. 0.75.
LAJOUX (H.). — L'eau potable et le lait, 1889, in-8°.
LEFORT (J.). — Traité de chimie hydrologique, 2e édit., 1873, in-8° de 788 p. et fig., 12 fr.
LESIEUR. — La stérilisation des eaux par la chaleur, 1892, in-4° de 88 p., fr. 2.50.
LUSTIG (A.). — Diagnostic des bactéries des eaux (en italien), Turin, 1890, brochure in-8°.
MALPERT-NEUVILLE (de). – Examen bactériologique des eaux naturelles, 1887, brochure in-8°, 2 fr.
MARCHAND (E.). — Des eaux potables en général, 1855, in-4°, 6 fr.
MAUREL (E.). — Recherches microscopiques sur l'étiologie du paludisme, in-8° et figures, 6 fr.
MIQUEL. — Manuel pratique d'analyse bactériologique des eaux, 1891, in-12.
MONIEZ (R.). — Faune des eaux souterraines du département du Nord, etc., 1889, in-8°.
NEUVILLE (G.). — Essai d'analyse micrographique des eaux de Paris. Thèse, 1880, brochure in-4°, avec planches lithographiées.
PONCET. — Les microbes de l'eau de Vichy, 1891, in-8° de 60 pages avec 4 pl. coloriées, 5 fr.
PROTHIÈRE (E.). — Les eaux potables, 1891, in-8°, 3 fr.
POUCHET (G.). — Etude critique des procédés d'épuration et de stérilisation des eaux de boisson, 1891, in-8°, 19 p.
REICHARDT (E.). — Guide pour l'analyse de l'eau, traduit par G. E. STROHL, 1870, in-8°.
ROBERT. — Etude sur l'origine, la nature et les divers emplois des eaux, 1865, in-8° de 194 p., 3 fr.
ROBINET. — Eaux de Paris, 1862, in-8°. 255 p., 3 fr.
RODET, G. ROUX et VALLET. — Rapports du colibacille avec le B. d'Eberth et l'étiologie de la fièvre typhoïde. *Lyon Médical*, 8 novembre 1891.
ROMAN et COLIN. — Bactériologie des eaux minérales, 1892, in-8° de 34 p., 3 fr.
ROUX (G.). — Précis d'analyse microbiologique des eaux, 1892, in-12 cart., 5 fr.

Sainte-Claire Deville. — Nature et composition des eaux potables de Besançon, 1846, in-4°, 25 p., 1 fr.

Sedgwick (W. T.). — Report on Water Supply and Sewerage. Boston, 1890.

Tiemann et Gartner. — Die chemische und mikrosk.-Bakter. Untersuchung des wassers. Braunschweig, 1889, 2 vol. in-8° 30 fr.

Thoinot (L.). — Note sur l'examen microbiologique d'une eau de source de la région calcaire du Havre. *Ann. Pasteur*, avril 1889.

Verstraeten (T.). — *Les eaux alimentaires de Belgique*, 1883, 2 fasc., in-8°.

Vincent (H.). — Présence du bacille typhique dans l'eau de Seine en juillet 1893. *Ann. Pasteur*, 25 décembre 1890.

TABLE DES FIGURES

FIGURES. PAGES.

1. — Balance de précision 31
2. — Etuve à air 34
3. — Brûleur Bunsen avec support. 35
4. — — tête de bec 35
5 et 6. — Chalumeau articulé; bain de sable 35
7. — Burettes de Mohr avec support 37
8 à 10. — Eprouvettes cylindriques graduées 38
11 à 13. — Pipettes graduées et jaugées 38
14. — Tube-pipette 38
15. — Ballon jaugé 39
16. — Flacon compte-gouttes. 40
17. — Capsule en platine 41
18. — Trompe à eau, aspirante et soufflante 42
19. — Brosse cylindrique 42
20. — Baromètre tronqué 43
21. — Colorimètre Zune 44
22. — Tube du dit 45
23 à 26. — Divers spectres avec et sans bandes d'absorption 46
27. — Gonio-spectro-réfractomètre Zune. 47
28. — Oculaire micromètre à réticule 48
29. — Tube de raccord pour cet oculaire. 48
30 et 31. — Cuve et étuve réfractométrique Zune. . . 48
32 et 33. — Support et cuvette photographique pour spectroscope Zune 49
34. — Flacon pour solutions alcalines. 59
35. — Support pour tubes coniques 75
36. — Appareil pour le dosage de l'azote nitrique. . . 83

FIGURES. PAGES.

37. — Appareil Crispo pour la recherche de l'ammoniaque 88
38. — Spirale-ponce 90
39. — Appareil pour le dosage de l'azote ammoniacal et albuminoïde 90
40. — Spectres d'absorption de la chlorophylle en solution alcoolique alcaline. 100
41 et 42. — Spectres d'absorption d'une solution aqueuse de sels biliaires traités par le réactif Pettenkofer. 100
43. — Spectres d'absorption de la solution alcoolique du résidu d'une eau contaminée par l'urine. . . 100
44 et 45. — Spectres d'absorption d'une solution alcoolique de fèces de diverses origines 100
46. — Spectres d'absorption d'une solution aqueuse d'acides biliaires traités par le réactif Pettenkofer. 100
47. — Spectres d'absorption d'une solution alcoolique de pigments stercoraux. 100
48. — Spectres d'absorption de la solution aqueuse du résidu D (p. 98) traité par la potasse et l'ammoniaque 100
49. — Appareil Houzeau pour le dosage de l'CO^2 . . . 117
50. — — Zune pour le dosage des gaz de l'eau. . 136
51. — — — de l'oxygène. . . 140
52. — Flacon Zune pour l'acide osmique 148
53. — Tube scellé pour conserver l'acide osmique . . 148
54. — *a*) Grains quartzeux; *b*) argile et fer; *c*) charbon . 157
55. — *a*) Poil épidermique du blé; *b*) trachée végétale déroulée; *c*) non déroulée; *d*) cellule rectangulaire de l'épiderme du blé; *e*) débris cellulaire; *p*) cellule pierreuse ou scléreuse. 157
56. — *a*) Débris de feuille de bois, débris de paille, etc. 157
57. — Divers fragments de tissus végétaux 157
58. — Fibres de coton : en A, traitées par la soude . . 157
59. — — de diverses origines 157
60. — A) Chanvre ordinaire ; B) coton ; C) jute ; D) chanvre de Manille 157

FIGURES. PAGES.
61. — A) Soie; B) china-grass; C) lin 157
62 à 65. — Amidons de blé, de seigle, d'orge et de riz . 158
66. — Amidon de maïs 158
67. — Fécule de pomme de terre : *a*) crue; *b*) cuite; *c*) crue et polarisée 158
68 et 69. — Poils de bœuf et de cheval 159
70 et 71. — — chien et de chat 159
72 et 73. — Laine et soie de diverses origines 159
74. — Fragment de duvet 160
75. — Fragments d'antennes, de pattes, d'ailes, etc. d'insectes; œufs idem. 160
76 et 77. — Poils de diverses parties du corps humain . 160
78. — Débris de fibres musculaires ayant traversé le tube digestif et séjourné pendant un mois dans un ballon de quatre litres rempli d'eau ordinaire, renouvelée tous les jours 161
Une cellule pierreuse et un fragment de vaisseau spiralé se voient à gauche, en bas.
79. — A) Monère d'Hœckel; B) Myxamibe de Didynium. 161
80 et 81. — — : Monobia confluens Schneider. 161
82. — Amœba diffluens Duj. En A, étendue; en B, contractée . . . . , ... 161
83 et 84. — Monobia brachiata et Amœba radiosa . . 161
85, 86 et 87. — Difflugia oblonga; Proteus tenax sous divers aspects; Trichamœba 161
88. — Trichamœba pilosa 162
89. — Arcella vulgaris. En A, vue de face; en B, de côté. 162
90. — Amœba coli Duj. sous divers aspects. 162
91, 92 et 93. — Quadrula symetrica; Hyalosphena lata; Euglypha globosa 162
94 et 95. — Œufs de tenia mediocanellata et de tenia solium 164
96. — Spores végétales diverses. 164
97 et 98. — Saccharomyces de diverses espèces . . . 164
99. — Œufs d'oxyure après un séjour de plusieurs jours dans l'eau 164

FIGURES. PAGES.
100. — Œuf d'ascaris mystax 164
101. — Balbiani investiens en juillet-août 165
102. — Monas et Rhabdomonas rosea 165
103. — Beggiatoa roseo persicina à divers âges, d'après les dessins de Ray Lankester 165
104. — Spores de zygnémées et de spirogyracées . . . 165
105. — Clatrocystis œruginosa sous divers aspects . . . 165
106. — Pollen de pin maritime 185
107 et 108. — Id. du dahlia et du lis d'eau 166
109, 110 et 111. — Œuf du Botriocephalus latus à divers états . . . .
112 et 113. — Œufs des Distomes lancéolé et hépatique. . 166
114. — Œufs de Tricocephalus hominis 166
115. — Œufs d'ascaride lombricoïde 166
116 à 118. — Œufs d'ankylostome duodénale à divers stades 166
119. — Œuf d'anguillula stercoralis ou intestinale . . . 166
120. — Palmella calcarea de forme phytoïde . . . , . . 168
121 et 122. — Leuconostoc mesenteroïdes 168
123 et 124. — Ascococcus Billroth 168
125 et 126. — Nostoc commune 169
127 à 130. — Glœocapsa: Pandorina morum; sporange de champignon; sorédies de lichen. 169
131 et 132. — Zooglée de B. roseo persicina; Palmella cruenta 169
133. — Sphœrozosma ovoïda. 169
134 et 135. — Actinophrys paradoxal; Acanthocystis aculeata 169
136 à 140. — Actinophrys soleil; Podophrya gem.; Acineta myst.; Acineta ferrum.; Acineta patula 170
141. — Statoblaste de cristatella 172
142. — Spores végétales : Eudonia elegans, Physarum album, Cystopus canddius, etc. 172
143. — Cercomonas hominis ; Spores végétales: a) zygochytrium, mortiellera, monoblepharis, nostocacée 172
144. — Tetrabroma Duj. vu de face et de côté 172

FIGURES. PAGES.

145 à 147. — Trepomonas agilis; Trachelomonas aurea et pheophy 172
148 à 150. — Euglena piriformis, longicauda et viridis . . 172
151. — Astasia cylindrica (A) et echinata (B) 173
152 et 153. — Cyathomonas turb.et Salpingœca amphord 173
154 et 155. — Chilomonas lobata et Codosiga echinata . 173
156 et 157, — Chilomonas obliqua et Codosiga umbellata. 173
158 et 159. — Astasia pyriformis; zoospores végétales diverses . . . . , ... 173
160. — Trichomonas intestinalis (A) et Anisonema elongata (B) . . . , ... 173
161. — Anisonema cyclina (A) et Cercomonas fusiformis (B) 173
161. - Plœotia vitrœa (A) et Bicosœca socialis (B) . . . 173
163. — Stephanosphœra pluvialis et Anthophysa laxa (B). 173
164 et 165. — Diverses zoospores végétales multiflagellées 174
166 et 167. — Monocercomonas hominis Grassi et Uvella disjuncta Duj. 174
168 et 169. — Tetramitus variabilis et T. Van Heurckia . 174
170 et 171. — Monas globosa et Trichomonas intestinalis Zuncker 174
172. — Spores ciliées de Vaucheria Ungeri 176
173. — Larve d'Eucope polystyla, d'après Kowalewsky . 176
174 et 175. — Larves de Botriocephalus latus et de Distome hépatique 176
176 et 177. — Amphileptus cygnus Ehr. et Nassula viridis Duj. 178
178 et 179. — Dileptus folium Duj. et Enchelys farcimen Ehr. 178
180. — Colpoda crinata (A) et reniformis (B) 178
181 à 183. — Holophrya vesiculosa ; Glaucoma scintillans : vu de face (A) et de côté (B) ; Metopus sym. Clap. et Lachm . . . .
184. — Lacrimaria olor et L. cygnus 179
185 et 186. – Stentor elegans et Panophrys chrysalis . . 179
187 et 188. — Paramecium aurelia et Stentor polymorphus 179
189 et 190. — Paramecium coli et P. cordata 180
191 à 195. — Prorodon ; Leucophrys patula ; Stentor elegans contracté; Pleuronema crassa; Coleps hirtus 180

FIGURES. PAGES.

196 à 198.— Colpidium ovata; Trichoda labialis; Aspidisca ovata 181

199 et 200. — Chlamydodon mnemosyne et Campylopus paradoxus 181

201 à 203. — Stylonychia monostylis; Schizopus gallus: Kerona mamillata 181

204 à 206. Balantidium coli; Stylonychia ovalis; Kerona patella 182

207 et 208. — Oxytricha ovalis; Kerona triangularis. . . 182

209 à 211.— Oxytricha labiata; Euplotes grandis; E.Charon 182

212 à 214. — Freia elegans; Vorticella nutans et margaritifera 184

215 à 217. — Vorticella elongatus,procumbens et patellina 184

218 et 219. — Gerda vernalis; Carchesium polypinum. . 184

220 à 222. — Cothurnia cristata; Oxytricha caudata; Epistylis anastica 184

223 à 226. — Scyphydia inclinans; Pyxidium; Gerda glans; Spirochona tint 185

227 à 230. — Scyphidia rugosa; Strombidium sulcatum; Didinium nassatum; Vaginicola decumbens . . . 185

231 à 233. — Strombidium caudatum; Halteria grandinella et lobata 185

234 à 236 — Strombidium ovatum; Halteria ovata; Strombidium turbo 185

237 à 240. — Zygochytrium aurant.; Mortiellera poly.; Aspergillus glaucus; Hygrocrocis arsenicum . . . 186

241 à 243. — Torula sacchari: Aspergillus repens; Selonosporium aqued 186

244 à 246. — Coprinus stercorarius; Penicillium nigrescens: Rhizopus nigricans 186

247 à 249 — Myconsotoc gregarium; Hyphœa; Rhipidium interrupt 187

250 et 251. — Mucor mucedo: Sporange isolé (A) et Spores conjuguées (B); Mycelium 187

252 à 254. — Sterigmatocystis niger; Leptomitus albus; Crenothrix Kühn, sous deux grossissements différents : 100 et 500 D. 187

FIGURES. PAGES

255 à 257 — Saprolegnia ferax: Zygnema en conjugaison; Penicilium capitata 187
258. — Batrachospermum pulvinatum : sommet d'un rameau à verticelles composés 190
259 à 261. — Hyalotheca dissiliens: Stysanus caput Mesœ ; Conferva aera 190
262. — Batrachospermum monoliforme: fragment de rameau et un utricule composé 190
263. — Rivularia bullata (A) et lobata (B) 192
264. — Calothrix cirrhosa (A) et tomasiniana (B) . . . 192
265. — Cladothrix dichotoma à ramification (A) et fausses dichotomisations (B); en B et C, des éléments isolés et ramifiés moins grossis 192
266. — Beggiatoa alba : A d'après Zopf; B d'après Warming; C d'après nos préparations 192
267 et 268. — Streptothrix Fœsteri; Mesoglœa vermicularis. 192
269 et 270. — Hydrodictyon Morr. et Penicillium brevipes Payer. 192
271 et 272. — Closterium striolatum et Chœtophora . . 192
273 et 274. — Nostoc verrucosum; Hydrogastrum ou Botrydium granulatum. 193
275 et 276. — Valonia intricata, d'après Payer; Vaucheria Ungerii : filaments sporulifères fortement grossis. 193
277 et 278. — Botrydium minutum; Bangia velutina Payer. 193
279 à 288. — Diverses espèces de Diatomées 193
289 à 295. — Id. id. 194
296 à 298. — Planaria polychroa, lugubris et torva, d'après O. Schmidt 196
299. — Diverses formes d'Anguillula intestinalis trouvées dans l'eau de canalisation de la ville d'Ostende . 196
300 à 302. — Hydatina senta; Lacinularia alba, vue latérale; Pterodina 196
303, 305 et 306; 304. — Rotifer vulgaire : semi étendu, en rotation et allongé, contracté; Euchlanis (304) . 196
307 à 310. — Brachionus; Noteus; Rotifer vulgaire; Notona 197

FIGURES. PAGES.

311 à 313. — Megalotrochealbo flavicans Ehr; Scaridium; Lacinularia socialis 197
314 et 315. — Melicerta ringens; Callidina vaga : vue latéro-dorsale . . . . , ... 198
316 à 318. — Eosphora najas; Floscularia campanulata et inclinata. 198
319 et 320. — Philodina; Calladina vaga : vue ventrale. .
321 et 322. — Brachionus urceolus : vue ventrale; Calladina vaga contractée. 198
323 à 325. — Cyclops crassicornus; Daphnia pulex; Cypris fusco 199
326 et 327. — Deux espèces de Lyncée; Cyclops coronatus. 200
328 et 329. — Gammarus pulex; Asellus aquaticus . . . 200
330 et 331. — Cyclops minutus; larve Nauplius de Cypris. 201
332. — Larve Naupliusde Cyclops serrulatus,d'aprèsClaus, 202
333. — Gammarus puteanus Koch, d'après les dessins originaux de Moniez : en A, forme à mains ovales (a), en B, forme à main triangulaire (a).
334 et 335. — Plumatella repens; Lophopus Tremblay. . 204
336 et 337. — — lucifuga; Urnatella Leidy. . . 204
338. — Etuve à air pour stérilisations diverses 205
339 et 340. — Etuve bactériologique ordinaire de A. Zune; thermorégulateur. 206
341 et 342. — Etuve bactériologique et à vide du même : vue de face et latéralement . , ... 207
343. — Fiole conique pour cultures sur plaques 209
344. — Fils de platine iridié, à manches; en B, l'ôse des allemands 210
345. — Récipient pour préparer et conserver l'eau stérilisée 211
346. — Ballon pour conserver le bouillon nutritif stérilisé. . . , ... : 216
347. — Glacière Zune pour transport d'échantillons . . 223
348. — Plaque cuvette ouverte pour introduire la gélatine. 228
349. — Rectangle pour plaques de gélatine. , ... 229
350 à 353. — Tubes pour montrer les ensemencements par piqures et scarifications 231

FIGURES. PAGES.
354. — Cils du bacille typhique, d'après une photographie de M. E. Roux. 237
355. — Cils du bacille typhique, d'après une photographie de M. Van Heurck 237
356. — Cils du bacille coli commune, d'après nos préparations 237
357. — Cils de diverses variétés du bacille du choléra asiatique (a, b, c) et du B. Sanarelli (d) 237
358. — Cils du Vibrio rugula (a), du B. termo (b) et du B. subtilis (c) 237
359 et 360 (1) — Colonies du bacile d'Eberth, d'après Van Heurck (159) et Macé (360) 238
361 (1). — Colonies du colibacille, d'après une photographie de M. Van Heurck 238
362 (1).—Quelques colonies de l'eau minérale de Bruxelles. 238
363 (1). — Quelques colonies de l'eau minérale de Saint-Galmier 238
364 à 367. — Cultures d'âges divers du B. du choléra, d'après Cornil et Babès 243
368. — Culture du bacillus anthracis. . . . .
369 à 371. — Micrococcus pyogènes aureus : isolés, en streptocoque et en staphylocoque 248
372 et 373. — Bacterium termo Macé: Micrococcus tetragenus. 248
374 et 375. — Zooglée du Micrococcus ureæ: culture du B. vulgaris, d'après Cornil et Babès 248
376 et 377. — Bacille du choléra 248
378 et 379. — Cultures en tubes du M. pyogène aureus . 254
380 à 382. — Cultures en tubes du B. anthracis. . . . 254
383 et 384 — Cultures en tubes du B. de Malpert Neuville et du B. du choléra 254
385 à 387. — Cultures sur plaques du B. mesent. vulgatus, du B. anthracis et du M. pyogène aureus . . 255
388 à 390. — Cultures en tubes du B. vulgaris, du B. termo et du B. de Malpert Neuville 255

(1) Ce cliché est horriblement mal réussi ; si le temps ne nous avait fait défaut, nous l'eussions fait recommencer et graver sur bois (A. Z.).

FIGURES. PAGES.

391 et 392. — Bacille du choléra asiatique sous divers aspects 256
393 et 394. — Bacille du charbon sous divers aspects . .
395 et 396. — Bacille lineola Warm. isolé (395) et en zooglée (396) 256
397 à 399. — Bacille typhique sous divers aspects . . . 256
400 et 401. — Cultures en tubes du B. du choléra au bout de 24 heures et de 2 jours 257
402. — Culture d'un B trouvé dans une eau contaminée par des matières fécales 257
403. — Culture du B. de Finkler et Prior, d'après Macé . 257
404. — Culture du B. termo au bout de 12 heures, de 2 et de 5 jours, d'après Macé 257
407 et 408. — Bacillus Zopfii isolé et en zooglée. . . . 257
409 et 410. — Bacillus subtilis sous diverses formes . . 257
411 à 414. — Spirillum tenue, serpens, plicatile et undula. 257

ERRATA.

Page 55, ligne 9, au lieu de $Az^2 O^3$ lire $Az^2 O^5$.
— 67, — 28, — *eaux de pluie* lire *eaux de puits*.
— 68, — 8, — *eaux de pluie* lire *eaux de puits*.
— 162, — 20, — de *Hyanosphena* lire *Hyalosphena*.
— 170, — 12, — au lieu de *fig.* 136 lire *fig.* 134.
— 170, — 14, — au lieu de *A. paradoxal, qui* lire *A, paradoxal (fig.* 134*)* qui.
— 183, — 1, — au lieu de *fig.* 171 lire *fig.* 221.
— 185, — 2, — au lieu de *V. rugosa* lire *Scyphidia rugosa*.
— 249, — 10, — au lieu de *B. rugula* lire *V. rugula*.
— 249, — 21, — au lieu de *S. typh et S. coli* lire *B. typh et B. coli*.
— 295, — 7, — au lieu de *Kanlinsky*, lire *Karlinski*.

NOMS D'AUTEURS

PAGES.

Almen 336
Arago 313
Balfour 298
Bax 286
Béchamp 294
Bérenger-Féraud 286
Biondi 253
Blachstein 249
Blanchard 19, 176
Blas 330, 331, 336
Bochefontaine 298
Bontivogna 188
Bouchardat. 264
Boussingault . . . 264, 265, 309
Boutron et Boudet. 144
Brouardel . . 288, 292, 293, 300
Buchner. 237
Bujwid 245, 256
Cassedebat . . 236, 237, 258, 293
Certes 151
Chantemesse et Widal . 239, 286
Chipilow 307
Chossat 265
Cienkowski 19
Claparède et Lachmann. . 19, 178
Claus. . . . 19, 199, 200, 202
Cornil et Babès. 243 à 245, 248, 259
Crispo . . . 87, 108, 280, 323
Crudelli 287
Cuboni 287
Cunningham 171
Daremberg 293
Davaine 167
Davy 313
De Candolle. 191
De Fromentel 19
De Hericourt 236, 244
De Malpert-Neuville 254
Denecke 241, 249

PAGES.

Depaire 323
De Vogler 244
Diatroptoff 253
Di Mattei 294
Dionis des Carrières . . 286, 292
Duclaux. 288, 306, 349
Dujardin . . . 19, 177, 179
Dupasquier. 264
Eberth 236
Ehrenberg . . . , . . . 19
Emmerich 294, 298
Evrard 289
Ferrand. 340
Finkler et Prior 259
Fortin 255
Frankland 222
Frésénius . . 52, 104, 111, 144
Fryde 286
Gaffky 236, 253
Gamaleïa 236, 244
Gatchkowsky 298
Gautier (A) 76, 265 à 268, 278, 280 à 283, 290, 309, 322, 333, 336 à 338, 342 et 343
Gavino 289
Gerardin . . . 139, 172, 344
Giard 188
Goindet 289
Gombert. 191
Guinard 309
Guilbert. 333
Hasterlick 298
Hochstetter. 294, 295
Hoppe Seyler 190
Houzeau. 117
Hueppe 232, 242, 294
Karlinski 294, 295
Kitasato. 232, 258
Klebs 175, 287

PAGES.

Klein 298
Klemperer 298
Koch 21, 23, 222, 240 à 242, 253, 259, 285, 293, 296, 303, 306
Kowalewsky 176
Kraus 294
Kubel et Tiemann . . . 106, 312
Lajoux . . . 67, 107, 289, 336
Laveran 287
Leone 322
Lermuseau . . . 168, 199, 347
Lesage 209
Letzerich 286
Levy 144
L'Hôte 317
Loir 286
Macaigne 299
Macé 218, 238, 239, 247, 254, 256, 257, 259
Maragliano 286
Marchand 337, 338
Marchiafava 287
Masselin 245
Maurel 287
Meade Bolton 222, 294
Metch et Latapie 298
Metchnikoff 244
Michel 291
Morren . . . 169, 192, 325, 344
Miquel 209, 213, 220, 222 à 225, 247, 253, 337, 348
Moniez 17, 163, 178, 199, 200 à 202
Mosny 286
Müller 19, 281
Murchison 288
Musculus 101
Nelson 242
Neuville 195, 196
Nicati et Rietsch 295
Nicolle et Morax . . 23, 232, 243
Parmentier 258
Parent-Duchatel 335
Pasteur 258, 293
Payer 19
Petit 341
Pfeiffer 255, 295
Pinto 294

PAGES.

Poincarré 253
Pritchard 253
Ray Lankester 165
Read 292
Renvers 286
Renvens 298
Reynaud 289
Richard 289
Riedel 295
Risler 139
Rodet 299, 351
Roman et Colin 349
Roux 222, 237, 239, 243, 247, 253, 255, 299, 351
Sachs 19
Sakharoff 253
Sanarelli . . . 241, 242, 249, 259
Santori 236
Sawtchenko 298
Schauinsland 166
Schlesing 83
Schülze 106
Schutzenberger 139
Sclavo 188
Smith 222
Stein 19
Strauss et Dubarry . . . 294, 295
Thoinot 236, 239, 245, 258, 286, 292, 300
Thoms 104
Thouvenel 289
Tiemann et Gartner . 164, 188, 189
Uffelmann 235
Vallet 299
Van de Vyvere 323
Van Ermengen 244
Van Heurck . 174, 194, 237, 238
Van Melckebeke 54
Van Tieghem 19, 117
Vejdowsky . . . 162, 199, 200
Vignal 255
Von Pettenkofer . . 298, 343, 350
Weichselbaum . . 236, 258, 293
Winogradsky 189, 190
Wolffhugel 286, 295
Wolle 19
Zabolotny 298

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

PAGES.

Acanthocystis acul 170
Acide apocrénique. 111
— carbonique . 115 à 121, 324
— chlorhydriquedécinormal 64
— chromo-acétosmique . . 149
— crénique. 111
— nitreux . . . 78 à 80, 328
— nitrique . . . 81 à 83, 328
— osmique 148
— phosphorique . . 127, 323
— silicique 110
— sulfurique au demi. . . 52
— — titré . . 56, 60
— — (analyse) . . 122
Acineta ferrum, myst et patula . 170
Actinophrys paradoxal . . . 170
— soleil et viridis . . 170
Adorale (couronne ou zone). . 180
Agar-agar 217
Ailes d'insectes. 159
Alcyonella 203
Algues. 187, 341
Alumine (sels d') . . . 103, 331
Amibes 161, 162
Amidons divers . . . 157, 158
Ammoniaque 326
Amœba coli. 163
Amœba diffluens et radiosa . . 161
Amphileptus cygnus 177
— meleag. et viridis . 177
Amphipodes 202
Analyse approximative . . . 74
— microbiologique. . . 205
— micrographique . . . 147
Anguillula intestinale 196
— stercoralis 196
Anguillulides 195
Anisonema cyclina 173
— elongata 173
Ankistrodesmus 192
Ankylostomasie 287

PAGES.

Antennes 159
Anthophysa laxa 173
Appareil Crispo 88
— Houzeau 123
Arcella pileum et vulgaris . . 162
Arsenic 283
Arthrodesmus viridis 171
Arthropodes 199
Ascococcus Billr. 168
Asellus aquaticus 203
— cavaticus 203
Aspect 75, 311
Aspergilus 187
Aspidisca ovata 182
Astasia cylindrica 172
— echinata 172
Astasia pyriformis. 172
Azotates alcalins fixes. . . . 86
— d'argent décinormal . 61
— potassique titré . . . 58
Azote albuminoïde. . . 91, 92
— ammonicacal . . 87 à 90
— gazeux 136

Bacilles 248
Bacillus anthracis . 251, 253, 258
— aquatilis sulcatus 251, 255
— — citreus . . 251
— — viridis . . 251
— arborescens 254
— asiaticus . 249, 251, 254
— butyricus 258
— Cassedebat . . 237, 258
— choleræ Koch . 240 à 244
— — Finkler et Prior 249, 259
— colicommune 236, 249, 251, 350, 351
— coprogènes viridis . . 251
— Denecke 249
— erythrosporus . . . 251
— flavus 251

PAGES.
Bacillus fluores. liquefaciens 251, 254
— — putidus . 251, 255
— Kitasato 258
— du lait bleu 249
— lineola 255
— liquidus 251
— megaterium 249
— mesentericus vulgatus 237, 249, 251, 255
— — ruber . . 251
— Metchik . . . 237, 255
— mycoïdes . . . 251, 255
— Nicolaïer 258
— Sanarelli . . . 249, 259
— Santorini 237
— subtilis . 237, 251, 256
— termo . . 249, 251, 256
— Thoinot . . . 237, 258
— typhique 234 à 240, 249, 251
— violaceus . . . 251, 256
— viridis 251, 256
— vulgaris . 249, 251, 257
— Weichselbaum . 237, 258
— Zimmerman . . 237, 258
— Zopfii 251, 257
Bain-marie 36
— de sable 35
Balance de précision 30
— Roberval 30
Balantidium coli 180
Balbiani investiens 165
Ballon pour conserver le bouillon nutritif 216
Ballons jaugés 39, 210
— ordinaires . . . 40, 210
Bangia 193
Baromètre 40
Batrachospermum . . . 165, 195
Beggiatoa alba . . . . 189 à 191
— mirabilis . . . 189
— roseo persicina 165, 169, 189
Beggiatoacées 189
Bicarbonate de chaux. 118, 120, 261, 321
Bicosœca socialis 173
Bilharziose 287

PAGES.
Blastula 175
Blé (Amidon du) 158
Botrydium 195
Botriocephalus latus (larve) . . 175
— (œuf) . . . 166
Bouchons en caoutchouc. 42, 212
— liège . . . 42, 212
— liège-étain . . 212
Bouillon nutritif 214
— phéniqué 219
Brosses cylindriques 42
Brûleurs 35
Burettes à gaz 37
— de Mohr 36

Calladina vaga 199
Calothrix 191
Campylopus parodoxus . . 182
Capsules diverses 41
Caractéres physiques et organoleptiques 75, 263, 311
— généraux des microbes 247
— spéciaux 250
Carbonates alcalins 273
Carbonate de chaux 121, 261, 321
Carchesium polypinum . . . 184
Carbures d'hydrogéne . . . 95
Carex 339
Cellules slèreuses 158
Cenobiées 192
Cercaria mutabilis 171
Cercomonas fusiformis . . . 173
— hominis 172
Chaleur (cause de contamination) 276
Champignons 186
Chanvre (fibres de) 157
Chara 195
Charbon 157, 273, 308
Chalumeau 35
Chilomonas lobata et obliqua . 172
Chilodon aureus 182
Chinagrass (fibres de) . . . 157
Chlamidomonas pulvisculus . . 173
Chlamydococcus pluvialis . . 169
Chlamydodon mnemos 182
Chlore 129, 130
Chloroiodure de zinc 149

PAGES.

Chlorure barytique titré . . . 60
— de calcium . . 131, 323
— magnésie . . 130, 323
— potassium . . 131, 323
— sodium . 131, 273, 322
Chlorures alcalino-terreux . . 322
— alcalins . 270, 274, 322
Chœtophora 195
Choléra . . 284, 289, 293 à 299
Chromatophores 194
Ciliès. 175
Cilio-cirreux 181
Cils 232, 249
Cirres ou Cirrhes 182
Cirro-sphœriacés 185
Cladocères 199
Cladophora 195
Cladothrix dichotoma. . . . 187
Clathrocystis eruginosa . . . 165
Closterium lunula 192
— striatum 193
Coagulation du lait 250
Cocconema. 195
Coccus 248, 252
Codosiga echinata. 173
— umbellata 173
Cœlenterés 175, 195
Coleps hirtus 180
Colonies (dosage) 229
— (Examen) 230
Coloration 312
Colorimètre. 317
Colpidium 180
Colpoda crinata 178
— cucullus 178
— reniformis 178
Conferva area 193
— bombycina 339
— crispata 339
— floccosa 193
— vesicata 339
Confervacées 193
Conjuguées. 194
Conservation des eaux . . . 317
Contage (nature de) 292
Contaminations diverses . 273 à 283
Copepodes 201

PAGES.

Coprinus stercorarius 187
Corycia stercorea 163
Cosmarium botrytis 165
Cosses de légumineuses. . . 158
Cothurnia cristata 185
Coton 157, 212
Couleur 75
Craie en suspension 156
Crenothrix Kühniana 188
Creuset en platine 41
Crevettes d'eau douce. . . . 202
Cristatella 204
Cristaux gras 159
Cuivre 102, 104
Cultures (durée des) 228
— (caractères généraux) . 249
Cuves réfractométriques . . . 48
Cuvette photographique pour spectroseope. 49
Cuvette Zune pour cultures 208, 228
Cyathomonas turbinata . . . 172
Cyclops 201
— agilis, bicuspidatus . . 202
— brevicaudatus coronatus 202
— crassicornus, fimbriatus 202
— minutus et serrulatus . 202
Cypris fusco 200

Daphnie puce 174, 199
Débris animaux 159
Débris végétaux 157
Degré hydrotimétrique . . . 142
Desmidiées 192
Desmidium sphœr. 193
— Swart 193
Diarrhées 289, 292
Diatoma vulgare 193
Diatomées. 193, 195
Didinium nassatum 185
Diflagellés 173
Diflugia oblonga 162
Dileptus folium 177
Dinobryon sertularia 171
Discœrea purpurea . . 165, 173
Distome hépatique (larve) . . 176
— — (œuf) . . 166
— lanceolé et sinensis . . 166
Dysenteries 289

PAGES.
Eau : analyse chimique . . . 29
— — microbiologique . 205
— — micrographique . 147
— caractères et propriétés physiologiques . . . 262
— caractères physiques et organoleptiques . 75, 262, 311
— composition chimique 78, 318
— échantillons nécessaires à l'analyse. 67 à 71, 150, 220 à 225
— stérilisée 211
Eaux courantes 274
— excessivement pures . . 354
— idéalement pures . . . 353
— impures 353
— marécageuses . . 287, 336
— mauvaises . . . 346, 355
— médiocres 355
— ordinaires 354
— profondes 274
— pures. 354
— (rôle étiologique des) . . 284
— de Saint-Galmier . . . 349
— stagnantes 274
— de surface 274
— suspectes. 355
— très pures 354
— de Vichy 349
Ebullition : avantages et inconvénients 307
Eléments anormaux . . 272, 326
— normaux . . 263, 318
— en suspension . . . 344
— suspects 345
Empois iodo-cadmique . . . 54
Enchelys farcimen 178
Engorgements glandulaires . . 289
Ensemencements divers . . . 231
Entonnoirs 41
Epistylis anastica 184
Epithéliums divers 347
Eprouvettes graduées 37
Epuration chimique 306
Essai rapide 72
Etuve à air 34, 205
— bactériologique d'Arsonval 207

PAGES
Etude bactériologique Zune . . 207
— à eau ordinaire 206
— pour réfractomètre . . 48
Euglena longic. et piriformis . 172
— sanguinea 173
— viridis 172
Euglènes 171
Euglypha dentata 163
— globosa 162
Euplotes Charron et grandis. . 182

Fausse mousse 111
Fer : recherche et dosage 102, 101
— dans l'épuration des eaux . 301
— (sels de) 333
— en suspension 157
Fibres musculaires 160
— nerveuses, connectives, etc 160
— textiles 157
Fièvre jaune 289
— typhoïde . . . 286 à 292
Fil en platine 41, 210
Filariose. 287
Filtration . . . . . 300 à 303
Fioles coniques. . . . 209, 210
Flacon compte-goutte . . . 40
— pour les échantillons 66 à 69
— solutions alcalines . . 59
— pour spectroscope . . 49
— Zune pour acide osmique 147
Flagella 170, 249
Flagellés 170
Flotteur d'Erdmann 36
Freia elegans 182
Froid : cause de pollution . . 276
Fuchsine de Ziehl 233

Gammarus fluviatilis et pulex . 202
— puteanus 202
Gaz de l'eau. 271, 273
Gelatine-agar nutritive . . . 218
— simple — 216
Gelose 217
Glacière Zune 223
Glaucoma scintillans 178
Glœocapsa 168
Goitre 290
Gomphonema 195

PAGES.
Gonium pectorale 174
Halisarcines 195
Halteria 185
Helminthiase 286
Hétérotriches 175, 180
Hœmatococcus mucosus . . . 169
— vesiculosus . . 169
Holophrya vesiculosa. . . . 178
— viridis 178
Holotriches 175, 176
Hyalosphena lata 162
Hyalotheca 191
Hydre 195
Hydrodictyon 192
Hydrogastrum 194
Hydrogène sulfuré. . . . 96
Hydroïde campanulaire (larve d') 175
Hygrocrocis arsen 187
Hyphœa. 191

Impaludisme 287
Imputrescibilité de l'eau . . . 77
Infusoires 153, 175
Isopodes. 203

Jute 157

Kerona mamillata et patella . 182
— triangularis 182
Komma bacillus 240

Lacrymaria cygnus et olor . . 179
Lait pour cultures 219
Larve de Botriocephalus latus . 175
— Distome hépatique. . 176
— d'Hydroïde 176
Larves vermiculaires 175
Leptomitus 186
Leptothrix ocracea 187
Leuconostoc mesenteroïdes 168, 248
Leucophrys patula. 180
— sanguinea . . . 180
Limes diverses. 42
Limnées. 174, 176
Liqueur barytique sodée . . . 118
— hydrotimétrique. . . 142
— normale de chlorure calcique 142
Lobopodes 160
Lophophore 203

PAGES.
Lophopodes 203
Lophopus Tremblay 203
Lyncée rond 199
Lyngbœa 191

Magnésie (sels de). 332
Maïs (amidon de) 158
Machine pneumatique . . . 43
Manganèse 103, 332
Matières fécales 96
— grasses 333
— humiques 334
— organiques dissoutes (dosage) 105
— organiques en suspension (dosage) . . 111
— organiques animales . 340
— — végétales . 334
Maxima généraux 318
— locaux. 318
Médium Zune 150
Megastoma intestinale . . . 175
Melicerta ringens 199
Melosira varians . . . 193, 339
Meridium circulare 193
Merismopœdia virescens. . . 169
Mesoglœa 195
Méthode Kühne 230
— Weigert-Gram . . . 231
Metopus. 178
Meule en grès 42
Microbes : caractères généraux 248 à 251
— (teneur des eaux en) 348
Micrococcus aquatilis . 251, 252
— candicans . 251, 252
— cinnabareus . . 251
— flavus liquef. 251, 252
— lutea 251
— prodigiosus 251, 253
— pyogenes aureus . 251, 252
— roseus 252
— tetragenus . . . 253
— ureæ 253
Microscope 147
Milieux de culture. 214
Mixture magnésienne. . . . 60

PAGES.

Monadines 171
Monas bicolor 171
— globosa 174
— grandis 171
— Okenii . . . 169, 171
— rosea . . 165, 169, 171
Monères 161, 162
Monobia brachiata 161
— continens . . 160, 161
Monocercomonas hominis . . 174
Monoflagellés 171
Mucor 186
Myconostoc gregarium . 187, 191
Myxamibes 161

Naïs 199
Nassula viridis 177
Nature des eaux douces . . . 273
Nauplienne (forme) 201
Navicula viridis 193
Neige : cause de pollution . . 276
Nettoyage des flacons. . . . 66
Nitrates 273, 328
Nostoc commune 168
— verrucosum 191
Nostocacées. 191

Oculaire micromètre réticulé . 48
Odeur 76, 314
Œdogonium 174, 193
Œlosoma 199
Œuf d'anguillula intestinale. . 168
— ankylostome duodenale . 167
— ascarides lombricoides . . 167
— ascaris mystax 164
— Botriocephalus latus . . 166
— de distome hépatique . . 166
— — lancéolé . . 166
— — sinensis. . . 166
— d'oxyure vermiculaire . . 164
— tenia médiocanellata . . 163
— — solium 164
— tricocephalus hominis . . 167
Œufs alécithes 175
— d'insectes 159
Oligochœtes limnicoles . . . 199
Orages : causes de pollution . 276
Orchalcœa Morr. 339
Organismes vivants 347

PAGES.

Orge (amidon d') 158
Origine des eaux potables . . 273
Oscillaria rubescens 191
Oscillariées 191
Ose en platine 231
Ostracodes 200
Oxyde de calcium . . . 132, 133
— magnésium . . 133, 134
— potassium 135
— sodium 135
Oxygène. . . . 136 à 141, 325
Oxytricha caudata. 183
— labiata et ovalis . . 182

Pachydrilus 199
Palmella calcarea 168
— cruenta et viresc . . 169
Palmellacées 168
Pandorina morum 169
Panophrys chrysalis 179
Papier à filtrer. 51
Paramecium aurelia 179
— coli et cordata. . 179
Penicillium. 165, 187
Peptone 215
Peridinium cinctum 175
— tabulatum . . . 175
Pesées 32
Phosphates terreux 271, 274, 323
Phréatothrix 199
Physarum album 186
Pinces diverses. . . 41, 42, 220
Pipettes 38
Planaria lugubris 195
— polychroa 195
— torva 195
Plaques (préparation des) . . 227
Plaques-cuvettes Zune . . . 213
Pleuronema crassa 180
Plœotia vitrea 173
Plomb 102, 104, 280
Pluies : causes de contamination 276
Plumatella lucifuga 203
— repens. 203
Plumes d'oiseaux (débris) . . 159
Poids : essai 32
— atomiques 53
Poils divers. 159, 160

PAGES.

Pollens divers 165
Pomme de terre (amidon) . . 158
— (suc de) . . 219
— cuite . . . 218
Prélèvement des échantillons d'eau 68, 150, 220
Préparations microscopiques . 152
Procédé Crispo 87
— Houzeau 117
— Kubel-Tieman . . . 106
— Schülze Tromsdorff . 107
— Zune 108
Prorodon 179
Proteus tenax 161, 162
— vulgaris 257
Pseudopodes 160
Purification des eaux . . 300 à 312

Quadrula symetrica 162

Rayonnés 169
Réactifs de Greiss 54
— liquides simples. . . 50
— Nessler 55
— solides. 51
Réaction de l'eau . . . 77, 317
— de Bujwid 245
— de l'indol 232
Récipient pour eau distillée . . 211
Résidu fixe . . . 114, 263, 318
— sec 112
Rhabdomonas rosea 165
Rhiphidium lunula 192
Rhizopodes 160
Rhizopus 187
Rivularia 192
Riz (Amidon de) 158
Rotateurs 196
Rotifer vulgaire . . . 174, 198

Saccharomyces 163
Salpingœca Amph. 172
Saprolégniées 186
Sarcina paludosa 258
Sarcine (forme). 248
Saveur 76, 315
Scenedesmus acuta 192
— quadr. 169

PAGES.

Schizopus gallus 183
Scyphydia rugosa 185
Sédiment (formation du) . . . 150
Seigle (amidon de). 158
Selonosporium 186, 187
Sels d'alumine 331
— ammoniacaux. 326
— de fer 271, 333
— magnésie 271, 332
— manganèse 332
— métalliques . . . 101 à 104
Sensation gastrique 316
Silicates 335
Silice 157, 333
Siphonées 192
Soies diverses (fragment de). . 159
Soies saltatrices 181
Sol (influence du) 278
Solution alcaline barytique titrée 118
— ammonique titrée . . 55
— de brucine 55
— de carbonate sodique alcaline 59
— chlorure ferrique . . 84
— sodique décinormale . 62
— éosine. 149
— ferroso - ammonique titrée 52
— Gram 149
— nitrite alcalin titrée. . 52
— oxalique N/100 . . . 63
— oxalo - ammonique titrée 64
— permanganique 60, 63, 64
— picrocarmin 149
— vert de méthyle acide 149
— violet Dahlia. . . . 149
Sorédies de lichen 168
Soude caustique titrée 57, 59, 65, 83
Spatule en platine 41
Spectres divers 101
Spectroscope Zune. 46
Sphœriacés colorés 164
— isolés 163
— sociaux. 168
Sphœroplea annulina 193
Sphœrozosma ovoïda 169

PAGES.
Spicule d'éponge 159
Spirales ponce 90
Spirilles 151, 257
Spirillum Choleræ. . . 240, 251
— Finkler et Prior . . 259
— plicatile. . . 249, 258
— rubrum 251
— rugula . . . 251, 258
— serpens et tenue . . 258
— tyrogenum 245
— undula 258
— volutans. 258
Spirogyra 194
Spongiaires 196
Sporanges de champignon . . 168
Spores diverses 164, 165, 172, 173
Staphylocoque 248
Statoblastes 170, 204
Stentor ceruleus 181
— élegans 181
— polymorphus. . . . 181
Stentors 180
Stephanosphæra pluvialis . . 174
Stérigmatocystis 187
Stérilisation des appareils 212, 214
Streptocoque 248
— aquatilis. . . . 237
Streptothrix Fœrst. 191
Strombidium 185
Stylonychia monostylis . . . 183
— ovalis 183
Substances minérales en suspension 156
Suie 156, 273
Sulfates alcalins fixes 127
— — et alcalino-terreux 271, 322
Sulfate de chaux. 125, 273, 322
— magnésie 125
— de soude 273
Sulfobactéries 189
Sulfocyanures alcalins. . . . 105
Sulfuraires 189
Support pour spectroscope . . 49

Tannin à l'éther 233
Température 315

PAGES.
Terrains : leur influence sur la composition des eaux . . . 274
Tessararthra fasc 165
Tetramitus Van Heurckia . . 174
— variabilis 174
Thallomorphiacées 185
— colorées 191 à 194
— incolores . . 186
Thermomètres . . 40, 208, 213
Thermorégulateur. 34
Toile métallique 42
Torula sacchari. 187
Trachelomonas aurea. . . . 171
— pheophysa . . 171
— volvocina . . 171
Trichamœba From 161
— pilosa . . . 161
Trichoda. 185
Trichomonas intestinalis 173 à 170
Trompe à eau 42
Tubes en caoutchouc . . 42, 212
— à cultures 231
— d'essai 41
— à gaz. 41
— en U 41
Typha 339

Ulva lactuca 193
Urine. 96, 220
Urnatella Leidy 203
Uvella disjuncta 174
— virescens 171

Vaginicola decumbens . . . 184
Valets en jonc ou paille . . . 42
Valonia 195
Vaucheria Ungeri . . . 175, 195
Verreries (stérilisation des) . . 213
Vers 195
Vibrio . . . . . 257 et 258
Volvor globator 174
Vorticella flav. et margarita . . 184
— rugosa 185
Vorticellidæ. 183, 184

Zinc 103, 280
Zoophytes amœbiformes . . . 160
Zoospores végétales. 171, 173, 174
Zygnema 194
Zygochytrium 186

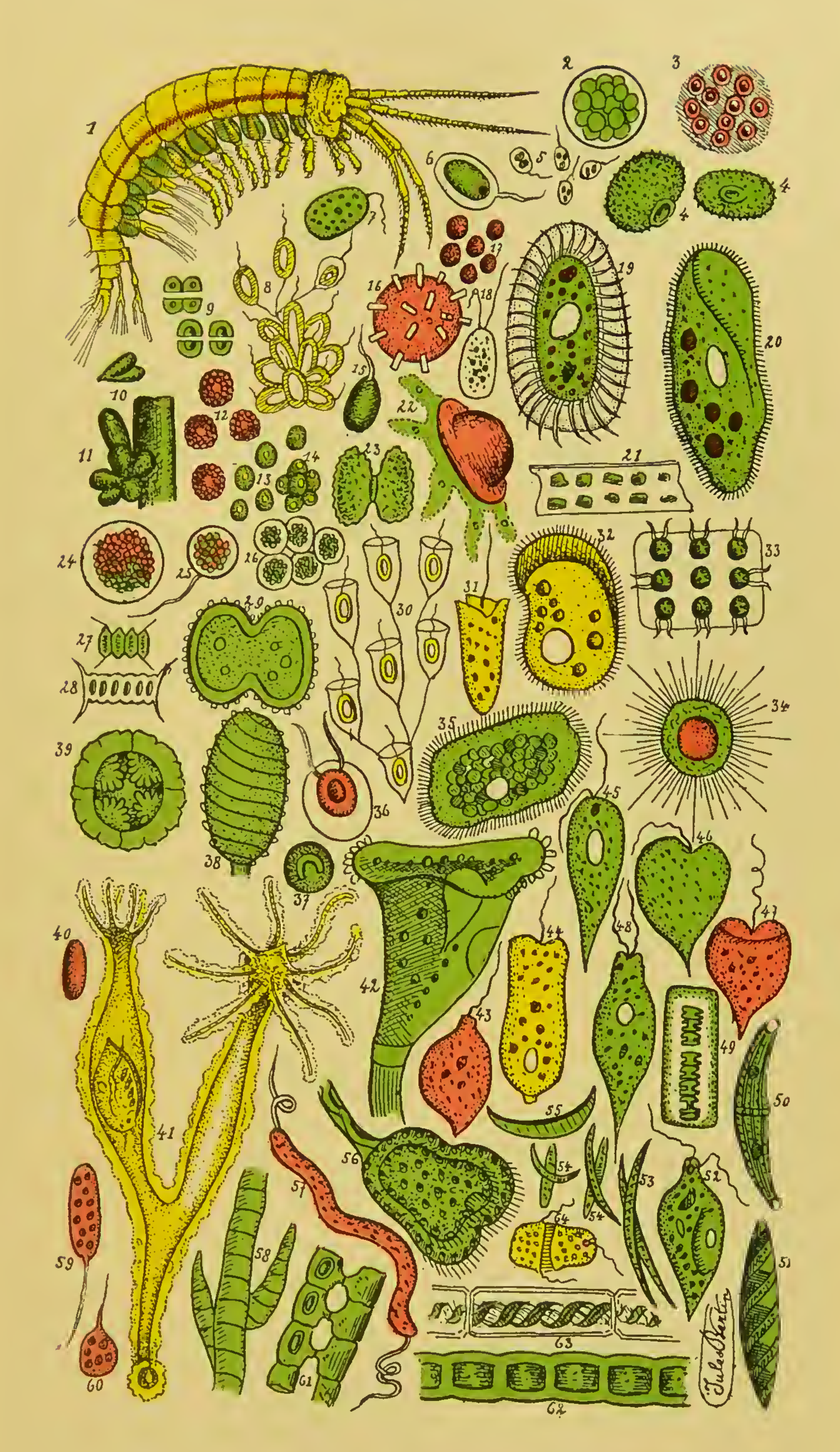
PLANCHE I.

FIGURES.

1. — Gammarus elongatus Lach.
2. — Chlamydococcus pluvialis.
3. — Discœrea purpurea Morren formes jeunes.
4. — Cosmarium botrytis 500 D.
5. — Monas bicolor.
6. — Trachelomonas à trompe Ehr.
7. — Monas grandis.
8. — Uvella.
9. — Merismopedia.
10. — Tessararthra (spores accolées).
11. — —
12. — Hœmatococcus mucosus Morr.
13. — Hœmatococcus vesiculosus Morren.
14. — Hœmatococcus (groupés).
15. — Chlamydomonas pulvisculus.
16. — Cosmarium botrytis 500 D.
17. — Hœmatococcus mucosus Morr.
18. — Diselmis augusta.
19. — Chlamydodon mnemos.
20. — Paramecium aurelia.
21. — Ulva lactuca.
22. — Arcel'a pileum.
23. — Cosmarium botrytis (conjuguées)
24. — Trachelomonas volvocina à trompe rétractée.
25. — Trachelomonas volvocina à trompe libre.
26. — Protococcus pluvialis.
27. — Scenedesmus quadricans 250D
28. — — ovalis.
29. — Cosmarium margaritiferum en conjugaison.
30. — Dinobryon sertularia 300 D.
31. — Cyathomonas emarginata.
32 — Chilodon aureus.
33. — Gonium pectorale.

FIGURES.

34. — Actinophrys iridis.
35. — Holophrya viridis 300 D.
36. — Chlamidomonas pulvisculus (flagellum replié en fer à cheval).
37. — Discœrca purpurea adulte.
38. — Anthérozoïde (?) de characées 250 D.
39. — Sporocarpe (?) de characées 250.
40. — Balbiani investiens (Chantransia) en mai.
41. — Hydre d'eau douce avalant une Daphnée
42. — Epistylis flavicans 200 D.
43. — Astasia hœmatodes Ehr 500 D.
44. — Cyathomonas elongata.
45. — Diselmis viridis Duj. 500 D.
46. — Asteria viridis.
47. — — hœmatodes.
48. — Diselmis acutum.
49. — Desmidium sphœrozosma.
50. — Closterium lunula.
51. — Spirogyra fusiforma.
52. — Englena geniculata.
53. — Ankistrodesmus.
54. — Scenedesmus acutum.
55 — Rhiphidium.
56 — Vorticella margarita.
57. — Ophidomonas rosea.
58. — Calothrix.
59 — Monas Okenii.
60. — — acuta.
61. — Spirogyra en conjugaison.
62. — Conferva floccosa.
63. — Spirogyra pellucida.
64. — Peridinium cinctum.



Chromotyp. A. Lefèvre, r. S.-Pierre, 9, Brux.

PLANCHE II.

FIGURES.

1. — Pediastrum.
2. — Cyclops quadricornis.
3. — Meridium circulare.
4. — Arthrodesmus.
5. — Œdogonium vesicatum.
6. — — ?
7. — Oscillaria.
8. — Euglena sanguinea.
9. — Gomphonema.
10. — Cladophora glomerata.
11. — Spores de Penicillium et d'Hydroctyon.
12. — Trachelomonas volvocina : a) arthrodesmus, os oscillaria.
13. — Sphœroplea annulina.
14. — Chœtoglena volvocina.
15. — Peridinium acuminatum.
16. — Desmidium Swartzii.
17. — Volvox globator en colonies.

FIGURES.

18. — Spirogyra nitida.
19. — Peridinium delitiense Ehr.
20. — Chœtomonas globulus.
21. — Volvox globator isolés.
22. — Nebella collaris Leidy, d'après Certes (Rhizopode).
23. — Xanthidium fasiculatum Wolle
24. — Pantotrichum enchelys.
25. — Œuf mur de cosmarium botrytis.
26. — Peridinium tabulatum.
27. — Vaucheria sessilis.
28. — Œdogonium ciliatum.
29. — Hydre contractée.
30. — Euglena coni.
31. — Œuf mur de Staurastrum dejectum.
32. — Lyncée sphérique de Muller.



Chromotyp. A. Lefèvre, r. S.-Pierre, 9, Brux.

